COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME DEUX-CENT-VINGT-TROISIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1946.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

—

1946

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er JUILLET 1946.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance publique annuelle des prix aura lieu le lundi 16 décembre 1946.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 15 juin 1946, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Pierre Lejay**, pour occuper l'une des places de Membres non résidants nouvellement créées.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Pierre Lejay** prend place parmi ses Confrères.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Les trajectoires à la surface du tore.* Note (1) de M. **Arnaud Denjoy**.

Les coordonnées d'un point à la surface d'un tore Σ non rencontré par son axe étant φ longitude du méridien et θ latitude du parallèle, Poincaré, dans une étude célèbre, a considéré les systèmes de trajectoires T définis par une équation $d\theta/d\varphi = A(\theta, \varphi)$ quand par tout point de Σ passe une trajectoire T et une seule, sans que T soit jamais un cycle fermé. Les points $M_n(\theta_n, \varphi_0 + 2n\pi)$ étant ceux où T rencontre un méridien fixe $C(\varphi_0)$, Poincaré démontre ces trois théorèmes :

1° θ_n/n tend vers une limite $2\pi\alpha$ quand $|n|$ croît, α étant irrationnel et indépendant de M_0;

(1) Séance du 24 juin 1946.

2° Sur C, l'ordre géométrique mutuel des points M_n, M_p, M_q est identique à celui des points d'arguments $2n\pi\alpha$, $2p\pi\alpha$, $2q\pi\alpha$, sur le cercle trigonométrique Γ, indépendamment de n, p, q;

3° Sur C le dérivé J de l'ensemble des M_n est parfait et indépendant de M_0. Si J n'est pas identique à C (stabilité de toutes les trajectoires T), J est totalement discontinu.

Nous avons montré ([1]) que cette dernière circonstance ne peut pas se produire si $d\theta_1/d\theta_0$ et $d\theta_0/d\theta_1$ sont à variation totale finie sur C décrit par θ_0. Cela résulte de ce que, si i_n est le $n^{\text{ième}}$ transformé par $\theta_1(\theta_0)$ d'un contigu i_0 à J, pour une suite indéfinie de valeurs de n, $\log i_n i_{-n} - 2\log i_0$ est borné.

Nous allons montrer qu'il en est de même de $\log i_n/i_0$ et évaluer $\log(d\theta_n/d\theta_0)$. Notre ancienne démonstration en sera simplifiée.

Soient $f(t)$ une fonction périodique de période 2π, $\mu(t)$, $\mu_p(t_p)$ les points de Γ d'arguments t, $t_p = t + 2p\pi\alpha$. Posons, σ étant un arc de Γ,

$$\mathrm{I}(f) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} f(t)\,dt, \qquad \mathrm{I}(f, \sigma) = \frac{1}{2\pi}\int_\sigma f(t)\,dt,$$

$$\mathrm{S}_n(f, t, \alpha) = f(t) + f(t_1) + \ldots + f(t_{n-1}),$$

et soit $\mathrm{S}_n(f, t, \alpha, \sigma)$ la somme précédente réduite aux termes où t_i est sur σ. Les parties principales de $\mathrm{S}_n(f, t, \alpha)$ et de $\mathrm{S}_n(f, t, \alpha, \sigma)$ sont $n\mathrm{I}(f)$ et $n\mathrm{I}(f, \sigma)$. Nous allons évaluer les parties complémentaires dans les cas (A), où $f(t)$ est intégrable (selon Riemann), et (B), où $f(t)$ a une variation totale finie, V sur Γ, $\mathrm{V}(f, \sigma)$ sur σ.

Supposant $0 < \alpha < 1$, développons α en fraction continue $(0, a_1, a_2, \ldots, a_n, \ldots)$. Posons selon l'habitude, et en notant par δ, δ_m, $\delta_x(t)$, ... des nombres de carré inférieur à 1,

$$(0, a_1, a_2, \ldots, a_m) = \frac{\mathrm{P}_m}{\mathrm{Q}_m}, \qquad \mathrm{P}_{m+1} = a_{m+1}\mathrm{P}_m + \mathrm{P}_{m-1}, \qquad \mathrm{Q}_{m+1} = a_{m+1}\mathrm{Q}_m + \mathrm{Q}_{m-1},$$

$$\mathrm{Q}_m\alpha - \mathrm{P}_m = \frac{\delta_m}{\mathrm{Q}_{m+1}} \qquad (\delta_m^2 < 1).$$

L'irrationnelle α définit un *système de numération* pour les entiers positifs n, qui peuvent d'une façon unique s'écrire

$$n = b_m\mathrm{Q}_m + b_{m-1}\mathrm{Q}_{m-1} + \ldots + b_1\mathrm{Q}_1 + b_0,$$

avec

$$1 \leqq b_m \leqq a_{m+1}, \qquad (\mathrm{Q}_m \leqq n < \mathrm{Q}_{m+1}) \qquad \text{et} \qquad 0 \leqq b_i \leqq a_{i+1}\,(i < m).$$

Également

$$n = b'_{m+1}\mathrm{Q}_{m+1} + b'_m\mathrm{Q}_m + \ldots + b'_1\mathrm{Q}_1 + b'_0,$$

$(b'_{m+1} = 0$ ou 1, $2|b'_i| < a_{i+1} + 2)$. Soient respectivement $s(n, \alpha)$, $s'(n, \alpha)$ les sommes des *chiffres* b_i ou $|b'_i|$ de n; $s' \leqq s$ et s/n tend vers zéro quand n croît.

([1]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, pp. 830-833; *Journal de Math.*, **11**, IV, 1932, pp. 371-374 [et pp. 361-363 pour l'égalité $\mathrm{I}(g) = 0$]. Également, *Comptes rendus*, **194**, 1932, pp. 2014-2016).

Si $q = b_i Q_i$, considérons le polygone régulier $\Pi_i(\tau)$ de Q_i côtés, inscrit dans Γ, ayant pour sommets les points $\nu'_r(\tau'_r)$, où $\tau'_r = \tau + (2r\pi/Q_i)$ $(0 \leqq r < Q_i - 1)$. Si p prend toutes les valeurs de zéro à $q-1$, l'arc $\nu'_r \nu'_{r+1}$ contient b_i points $\nu_p(\tau_p = \tau + 2p\pi\alpha)$, savoir ceux pour lesquels le reste de la division de pP_i par Q_i est r si $\delta_i > 0$ ou $r+1$ si $\delta_i < 0$. Si ω_r est l'oscillation de $f(t)$ sur l'arc $\nu'_r \nu'_{r+1}$,

$$f(\tau_p) = \frac{Q_i}{2\pi} \int_{\tau'_r}^{\tau'_{r+1}} f(t)\,dt + \delta_r \omega_r.$$

Dès lors, $S_q(f, \tau, \alpha) - qI(f)$ vaut $q\eta'_i(\tau)$ dans le cas (A), $\eta'_i(\tau)$ tendant uniformément vers zéro quand i croît, et $\delta(\tau) b_i V$ dans le cas (B). On en conclut, quel que soit n :

$$S_n(f, t, \alpha) - nI(f) = n\eta_n(t) \quad (\text{cas A}) \qquad \text{et} \qquad = \delta(t) s'(n, \alpha) V \quad (\text{cas B}),$$

$\eta_n(t)$ tendant uniformément vers zéro quand n croît.

On trouverait de même que $S_n(f, t, \alpha, \sigma) - nI(f, \sigma)$ vaut $n\delta(t)\eta_n(\sigma)$ dans le cas (A), $\delta(t) s'(n, \alpha) [V(f, \sigma) + M]$ dans le cas (B), M étant le maximum de $|f(t)|$ sur Γ.

Par exemple, le nombre de points t_p $(0 \leqq p \leqq n-1)$ situés sur σ est $n\sigma/2\pi + \delta(t) s'(n, \alpha)$.

Si $f(t)$ était simplement sommable, $S_n(f, t, \alpha)/n$ tendrait en mesure vers $I(f)$.

II. Appliquons ceci au problème de Poincaré. Supposons J discontinu, $d\theta_1/d\theta_0$ et $d\theta_0/d\theta_1$ existant en chaque point θ_0 et de chaque côté, avec une variation totale finie. Nous voulons faire apparaître une contradiction entre ces hypothèses. Posons $h(\theta_0) = \log d\theta_1/d\theta_0$.

On établit une correspondance entre les points $M(\theta_0)$ de C et les points $\mu(t)$ de Γ, de façon qu'à M_p corresponde $\mu_p(t_p = t + 2p\pi\alpha)$, t étant continu et croissant ou stationnaire en θ_0, un point unique $\lambda(\chi)$ étant homologue de la totalité d'un arc-segment $\bar{i}$ contigu à J, les autres points μ de Γ et les points de seconde espèce M de J se correspondant un à un.

$h(\theta_0)$ est à variation totale finie en même temps que $d\theta_1/d\theta_0$ et son inverse. Soit $V = VT(h, C)$. Soit $\nu(\upsilon)$ un quelconque des points où $d\theta_1/d\theta_0$ bilatéral n'existe pas. Aux points $\mu(t)$ distincts des λ et des ν, posons $g(t) = h(\theta_0)$. En un point $\nu(\upsilon)$, prenons $g(\upsilon)$ compris entre $h(\theta_0 - 0) = g(\upsilon - 0)$ et $h(\theta_0 + 0) = g(\upsilon + 0)$. En un point $\lambda(\chi)$, posons $g(\chi) = \log i_1/i_0$, si λ correspond à $\bar{i}_0$.

Sur Γ, $g(t)$ a sa variation totale au plus égale à V. Si

$$n = Q_m, \qquad S_n(g, \chi, \alpha) = \log i_n/i_0 = nI(g) + \delta V.$$

Cette expression vaut aussi pour $\log i_0/i_{-n}$; i_n et i_{-n} tendant vers zéro en longueur quand n (positif) croît, $I(g) = 0$ et $\log i_n/i_0 = \delta V$, ce qui ne peut être vrai pour tout m. Donc $J \equiv C$.

Dès lors dans la correspondance $(M.\mu)$, les points λ n'existent pas sur Γ. Les points ν sont en infinité dénombrable. Ajoutons à leur suite leurs conséquents

et antécédents. L'ensemble obtenu η est dénombrable. Si t est étranger à η et $n = Q_m$,

$$S_n(g, t, \alpha) = \log \frac{d\theta_n}{d\theta_0} = n\,I(g) + \delta V.$$

L'intégrale de $d\theta_n/d\theta_0$ sur C étant 2π, il s'ensuit $I(g) = 0$. Donc, quel que soit n :

$$\log \frac{d\theta_n}{d\theta_0} = \delta_n(\theta_0)\, s'(n, \alpha) V \qquad (\delta_n^2 < 1)$$

et si $n = Q_m$,

$$e^{-V} < \frac{d\theta_n}{d\theta_0} < e^{V}.$$

En conséquence, si E, sans être un intervalle, est néanmoins un ensemble de longueur positive situé sur C, il est impossible que tous les transformés E_n de E par $\theta_n(\theta_0)$ soient disjoints de E.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du champ magnétique sur le développement des tumeurs expérimentales chez* Pelargonium zonale. Note [1] de MM. **Joseph Magrou** et **Pierre Manigault**.

Nous avons étudié l'action du champ magnétique sur les tumeurs provoquées par l'inoculation du *Phytomonas tumefaciens* (agent du *crowngall* ou cancer des plantes) dans la tige du *Pelargonium zonale*. Lorsque la saison est favorable (à partir de janvier dans les serres expérimentales de l'Institut Pasteur) on voit apparaître au niveau des points d'inoculation, au bout de 3 semaines environ, de petites saillies verruqueuses. Elles augmentent progressivement et arrivent à former au bout de 3 à 4 mois des masses irrégulières, mamelonnées, atteignant jusqu'à 15 à 20^{mm} dans leur plus grand diamètre. Une prolifération aussi intense des tissus ne peut manquer de retenir l'attention, lorsqu'on envisage, comme hypothèse de travail, une intervention du champ magnétique dans les processus de la division cellulaire.

Mlle Rémy [2] avait déjà signalé l'action inhibitrice du champ magnétique sur le développement de tumeurs provoquées chez le *Pelargonium* par des agents chimiques, mais sans préciser les caractéristiques des aimants employés, et en signalant que l'examen histologique des tumeurs n'avait pu être fait.

Nous nous sommes placés au cours de nos expériences dans les conditions suivantes :

1. *Conditions physiques*. — On a essayé l'action de champs uniformes et de champs à gradient élevé produits par des aimants permanents, ou par des électro-aimants. Les pièces polaires sont constituées par des parallélépipèdes de fer doux quand on désire obtenir des champs uniformes et par une pièce prismatique dont une arête est en regard d'une pièce plate située sur l'armature opposée quand on se propose d'obtenir des champs à gradient élevé. La dimen-

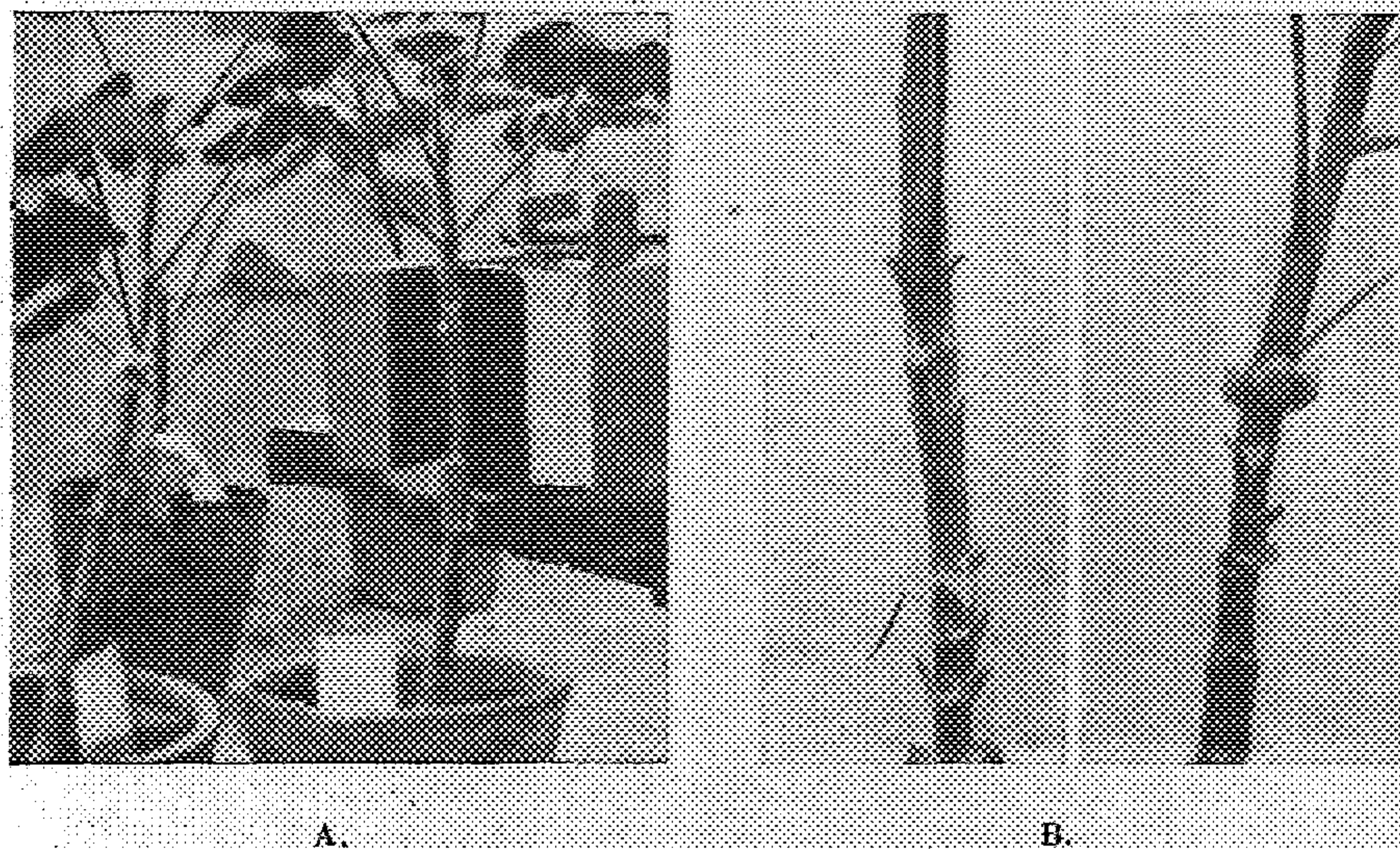
---

(1) Séance du 24 juin 1946.

(2) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 495.

sion de l'entrefer, de l'ordre de 15^{mm}, est déterminée par le diamètre de la tige, en ménageant un intervalle suffisant pour que les pièces métalliques ne risquent pas de toucher les tissus de la plante. L'échauffement des tissus est évité par insufflation d'air dans l'entrefer des électro-aimants. Les mesures de gradient ont été faites à l'aide d'une microbalance (3). La valeur la plus élevée, au voisinage de l'arête prismatique, est, dans une première série d'expériences, de 22.10^6 unités C. G. S. et la plus basse de 1.10^6 unités C. G. S.

2° *Conditions physiologiques.* — On a d'abord utilisé une souche de *Phytomonas tumefaciens* désignée par l'appellation *Chrysanthemum frutescens* II B. D'autres souches employées par la suite n'ont pas donné de résultats sensiblement différents. Des boutures de *Pelargonium zonale* (variété *Jardin des Plantes*), âgées de 1 mois, sont inoculées par 4 piqûres d'aiguille dans la tige à la même hauteur, dans un entre-nœud, en des points situés sur les extrémités de deux diamètres perpendiculaires. Immédiatement après, les plantes soumises à l'action du champ magnétique sont placées dans les entrefers des aimants et les plantes témoins restent au voisinage à une distance suffisante pour que l'action du champ magnétique puisse être considérée comme négligeable. Comme la croissance à ce niveau est très faible, et les pièces



A. B.

Fig. 1 — A. Action du champ magnétique d'un aimant permanent. *A droite*, plante dont la tumeur est située dans l'entrefer. Au premier plan, à gauche, plante témoin. — B. Action du champ magnétique d'un aimant permanent. *A gauche*, tumeur retardée par l'action du champ (les deux points d'inoculation visibles correspondent aux points 1 et 3 de la figure 2). *A droite*, tumeurs développées normalement sur une plante témoin. Inoculation le 25 février 1946, photographie le 10 avril 1946.

polaires assez grandes, il n'y a guère de retouches à apporter à la position de la plante par rapport à l'aimant, même quand l'expérience dure plusieurs mois. La vie de la plante en essai se poursuit normalement, tout à fait comparable à celle du témoin (*fig.* 1 A).

(3) P. Manigault et B. Tsaï, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 658.

Par contre la croissance d'une tumeur placée dans certaines régions de l'entrefer est singulièrement modifiée. Alors que les tumeurs des témoins atteignent 8 à 12^{mm} de diamètre en 67 jours et restent semblables entre elles au cours de leur développement, les tumeurs placées dans des champs magnétiques grossissent à peine, leur taille étant d'autant plus petite qu'elles sont situées dans des régions où le gradient est plus élevé (*fig.* 1, B). En regard de l'arête d'une pièce polaire prismatique, la tumeur est toujours insignifiante, souvent réduite à l'état d'une petite éminence noirâtre d'un millimètre de diamètre faisant saillie au centre d'une cicatrice blanche en forme de losange. C'est l'aspect *normal* que présentent les tumeurs au début de leur formation. Tout se passe comme si le champ magnétique imposait un retard considérable au développement normal d'une tumeur. D'ailleurs, dans les régions où le champ présente un gradient moins élevé, on constate que ce retard est moins important (*fig.* 2).

L'examen histologique montre que les tumeurs exposées au champ magnétique présentent, comme les autres, cette prolifération exagérée de cellules

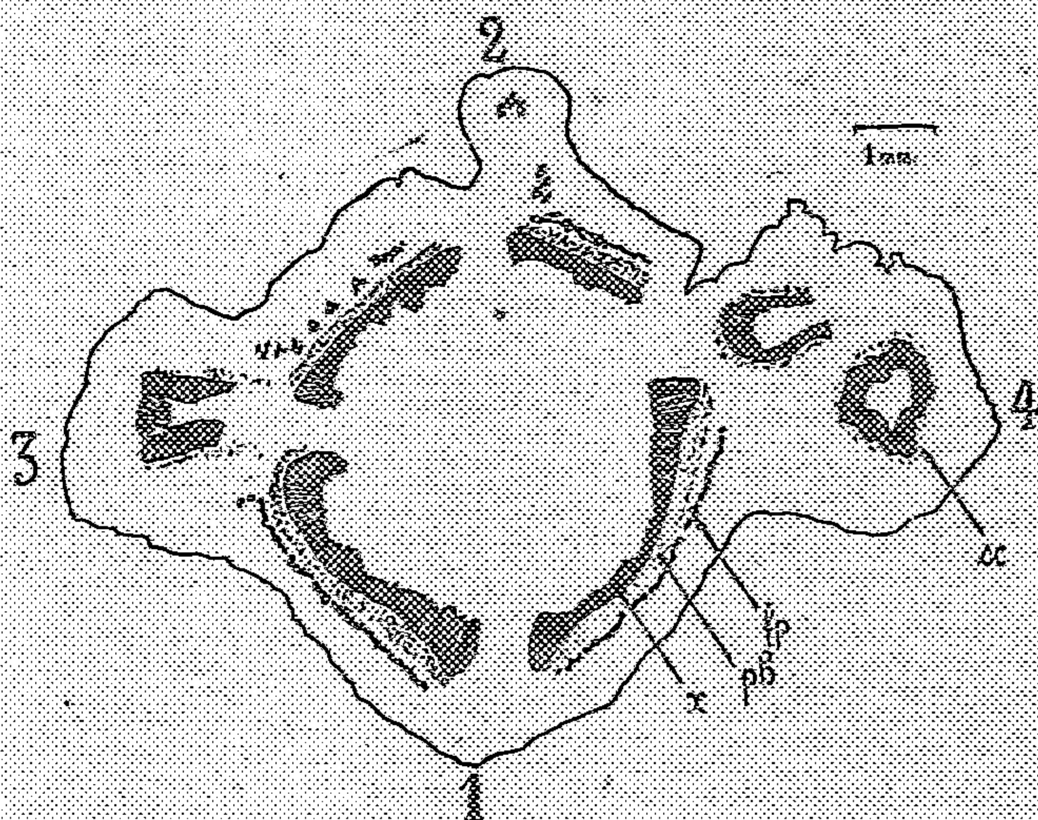


Fig. 2. — Action du champ magnétique à gradient élevé d'un aimant permanent. Section transversale de la tige d'un *Pelargonium* au niveau des tumeurs. Valeurs décroissantes du gradient de 1 à 4. *x*, bois; *ph*, liber; *fp*, sclérenchyme; *sc*, stèle intracorticale.

jeunes peu différenciées qui est caractéristique des cancers. On n'observe pas d'éléments particuliers ni de disposition anatomique spéciale. Les coupes présentent l'aspect de tumeurs très en retard dans leur développement par rapport aux tumeurs des plantes témoins. Une étude cytologique encore en cours rendra compte ultérieurement de la structure du noyau.

Ces résultats confirment l'existence d'une action biologique du champ magnétique qui avait été déjà signalée. Ils précisent en outre l'intérêt que

présente la notion du gradient du champ dans l'étude de ces phénomènes. C'est une notion que l'un de nous avait déjà mise en évidence dans un travail antérieur ([4]) et qui a été rappelée dans des publications récentes ([5]).

M. **Albert Demolon** dépose sur le bureau une *Notice* sur la vie et les travaux de son prédécesseur Gustave Moussu, qui sera imprimée dans le Recueil des *Notices et Discours*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de deux Membres non résidants qui occuperont les cinquième et sixième des six nouvelles places récemment créées.

Pour la cinquième place, le nombre des votants étant 45,

M. Eugène Bataillon	obtient	33 suffrages
M. Georges Denigès	»	6 »
M. Henri Devaux	»	3 »
M. Émile Guyénot	»	1 »

Il y a 2 bulletins blancs.

Pour la sixième place, le nombre des votants étant 45,

M. Henri Devaux	obtient	34 suffrages
M. Georges Denigès	»	8 »
M. Émile Guyénot	»	1 »
M. Georges Reboul	»	1 »

Il y a 1 bulletin blanc.

MM. **Eugène Bataillon** et **Henri Devaux**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, sont proclamés élus.

Leur élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement provisoire de la République.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Physiologie du travail du Conservatoire National des Arts et Métiers, pour la première ligne, M. *Camille Soula* obtient 37 suffrages contre 1 à M. *René Bize*; il y a 7 bulletins nuls et 2 bulletins blancs.

Pour la seconde ligne, M. *René Bize* obtient 34 suffrages.

([4]) S. Chevais et P. Manigault, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 919; S. Chevais et P. Manigault, *Bull. Soc. Zool. France et Belgique*, **78**, 1944, p. 360.

([5]) N. Perakis, *Bull. d'Histologie appliquée*, **22**, 1945, p. 149.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **Camille Soula.**
En seconde ligne .... M. **René Bize.**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Edmond Bertrand. *Le problème du contrôle de la bombe atomique.*

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la Chaire des *Machines* vacante au Conservatoire National des Arts et Métiers.

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur une extension de la formule d'Allendœrfer-Weil à certaines variétés finslériennes.* Note [1] de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Élie Cartan.

Allendœrfer, Fenchel et André Weil [2] ont indiqué une formule qui généralise, pour les variétés riemaniennes compactes, le résultat classique de Gauss-Bonnet. La démonstration donnée par Chern [3] de la formule d'Allendœrfer-Weil s'étend, tout naturellement, à certaines variétés finslériennes, celles que j'appelle ici *variétés de Berwald-Cartan.*

Désignons par V_n une variété finslérienne compacte, orientable, différentiable de classe $C^{(r)}(r \geq 3)$ à un nombre pair de dimensions $n = 2p$. L'ensemble des vecteurs unitaires $\vec{u}$ tangents aux points P de V_n constitue une variété compacte M_{2n-1} à $(2n-1)$ dimensions, différentiable de classe $C^{(r-1)}$ et pourvue d'une structure d'espace fibré.

1. La connexion d'éléments linéaires liée à V_n s'obtient, selon É. Cartan [4], par la construction de certaines formes différentielles. Nous appelons *repère d'origine* P, un ensemble de n vecteurs unitaires $(\vec{e}_i)$ d'origine P, deux à deux orthogonaux, cet ensemble étant muni d'une certaine orientation. A chaque élément linéaire tangent à V_n, nous convenons d'attacher un tel repère. Les formules de Frenet associées s'écrivent :

$$(1) \qquad d\mathrm{P} = \omega_i \vec{e}_i; \qquad d\vec{e}_i = \omega_{ij} \vec{e}_j; \qquad (\omega_{ij} + \omega_{ji} = 0).$$

(1) Séance du 24 juin 1946.
(2) *Trans. Amer. Math. Soc.*, **53**, 1943, p. 101 ; *J. London Math. Soc.*, **15**, 1940, p. 15.
(3) *Ann. of Math.*, **45**, 1944, p. 747; **46**, 1945, p. 674.
(4) *Actual. scient.*, **79**, 1934, p. 34.

Soient u_i les composantes du vecteur unitaire $\vec{u}$ d'origine P dans le repère associé à l'élément linéaire $(\mathrm{P}, \vec{u})$. Si l'on rapporte $d\vec{u}$ au même repère, il vient

$$d\vec{u} = \theta_i \vec{e}_i; \quad \theta_i = du_i + u_j \omega_{ji}.$$

Nous supposerons les formes ω_{ij} exprimées à l'aide des ω_i et θ_i. Les formes ω_i et ω_{ij} satisfont aux équations de structure

$$(2) \qquad d\omega_i = \omega_r \wedge \omega_{ri} + \Omega_i; \qquad d\omega_{ij} = \omega_{ir} \wedge \omega_{rj} + \Omega_{ij}; \qquad (\Omega_{ij} + \Omega_{ji} = 0),$$

où les Ω_i et Ω_{ij} définissent respectivement la torsion et la courbure de V_n. Par différentiation extérieure de (2), on obtient les identités de Bianchi

$$(3) \qquad d\Omega_i = \Omega_r \wedge \omega_{ir} - \Omega_{ir} \wedge \omega_r; \qquad d\Omega_{ij} = \Omega_{ir} \wedge \omega_{jr} - \Omega_{jr} \wedge \omega_{ir}.$$

Sur le repère $(\vec{e}_i)$ associé à chaque élément linéaire, on peut effectuer la transformation $\vec{e}_i^{\,*} = a_{ij}\vec{e}_j$, où (a_{ij}) est une matrice orthogonale propre d'ordre n. Les u_i, θ_i, Ω_{ij} se transforment alors selon la loi tensorielle classique.

2. $\varepsilon_{i_1 i_2 \ldots i_n}$ désignant un indicateur de permutation, les formes

$$(4) \qquad \Phi_k = \Sigma \varepsilon_{i_1 i_2 \ldots i_n} \Omega_{i_1 i_2} \wedge \ldots \wedge \Omega_{i_{2k-1} i_{2k}} \wedge \theta_{i_{2k+1}} \wedge \ldots \wedge \theta_{i_{n-1}} u_{i_n} \qquad (k = 0, \ldots, p-1),$$

$$(5) \qquad \Omega = (-1)^p (2^{2p} \Pi^p p\,!)^{-1} \Sigma \varepsilon_{i_1 i_2 \ldots i_n} \Omega_{i_1 i_2} \wedge \ldots \wedge \Omega_{i_{2p-1} i_{2p}}$$

sont intrinsèquement définies sur M_{2n-1}. A partir de (2) et (3) on obtient

$$(6) \qquad d\Omega = -\Pi; \qquad \Pi = \frac{1}{\Pi^p} \sum_{m=0}^{m=p-1} (-1)^m \frac{1}{1.3\ldots(2p-2m-1)\,2^{p+m}\,m\,!} \Phi_m.$$

3. Les formes Ω_{ij} s'écrivent, à l'aide des tenseurs de courbure de V_n,

$$\Omega_{ij} = \mathrm{S}_{ijkh} \theta_k \wedge \theta_h + \mathrm{P}_{ijkh} \omega_k \wedge \theta_h + \mathrm{R}_{ijkh} \omega_k \wedge \omega_h.$$

La variété V_n est dite une *variété de Berwald-Cartan* si le tenseur S_{ijkh} est nul : à tout cycle d'éléments linéaires dont le centre reste fixe est associé un déplacement nul; la métrique angulaire $d\varphi^2$ est de courbure constante égale à 1. Nous nous restreindrons dans la suite aux variétés de Berwald.

4. Donnons-nous au voisinage d'un point O de V_n un champ continu de vecteurs $\vec{u}$ qui peut être singulier en O. A chaque point de S, hypersphère de centre O, de rayon s arbitrairement petit, se trouve attaché un vecteur $\vec{u}$. L'ensemble des $\vec{u}$ pour les points de S constitue une image Σ_{n-1} de S dans M_{2n-1}. On a, d'après (4) et (6),

$$(7) \qquad \lim_{s \to 0} \int_{\Sigma_{n-1}} \Phi_k = 0 \quad (k \geqq 1); \quad \mathrm{I} = \lim_{s \to 0} \int_{\Sigma_{n-1}} \Pi,$$

où I est l'indice du champ en O. Sur la variété compacte de Berwald V_n,

définissons maintenant un champ continu de vecteurs $\vec{u}$ n'admettant qu'un nombre fini de points singuliers. Entourons chaque point singulier par une petite hypersphère de rayon s. Le champ aux points non intérieurs à ces hypersphères, définit dans M_{2n-1} une chaîne C_n sur laquelle Ω peut être intégrée. Par définition, on prendra

$$(8)\qquad \int_{V_n} \Omega = \lim_{s \to 0} \int_{C_n} \Omega = - \lim_{s \to 0} \int_{\partial C_n} \Pi$$

d'après la formule de Stokes, l'orientation du bord ∂C_n étant opposée à celle adoptée dans (7). On tire de (8) la formule fondamentale

$$\int_{V_n} \Omega = \Sigma I = \chi(V_n),$$

puisque la somme ΣI des indices du champ est égale à la caractéristique $\chi(V_n)$.

Des formules de cette Note, on peut déduire aussi le résultat suivant : il n'existe pas de métrique de Minkowski à courbure scalaire S nulle régulière sur une sphère S_{2p}.

ANALYSE GÉNÉRALE. — *Sur la condition de régularité pour l'écart abstrait.* Note de M. **Raouf Doss**, présentée par M. Émile Borel.

Soit S une échelle des écarts, c'est-à-dire un ensemble ordonné avec premier élément O, mais sans second élément, et soit E un ensemble. E sera appelé espace symétrique *écartisé régulier* [1] si à tout couple a, b d'éléments de E, il correspond un élément ξ de S que l'on écrira $\xi = (a, b)$, tel que :

1° $(a, b) = O$ est équivalent à $a = b$;

2° $(a, b) = (b, a)$;

3° à tout élément $\xi \succ O$ de S, il correspond un autre élément $\varphi(\xi) \succ O$ de S tel que

$$(\mathcal{R})\qquad (a, b) \prec \varphi(\xi) \quad \text{et} \quad (b, c) \prec \varphi(\xi) \quad \text{entraînent} \quad (a, c) \prec \xi.$$

Lorsque l'échelle S se réduit à l'ensemble des nombres $\geqq 0$, l'écart est dit numérique. Il résulte d'un théorème de Chittenden [2] que l'espace E est alors distanciable, c'est-à-dire que la condition 3° peut être remplacée par

$$(\mathcal{D})\qquad (a, c) \leqq (a, b) + (b, c).$$

En particulier, $\varepsilon > 0$ étant donné, on peut choisir $\varphi(\varepsilon) = \varepsilon/2$, car alors

$$(\mathcal{R}')\qquad (a, b) < \frac{\varepsilon}{2} \quad \text{et} \quad (b, c) < \frac{\varepsilon}{2} \quad \text{entraînent} \quad (a, c) < \varepsilon.$$

---

[1] Cf. M. Fréchet, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 337; pour plus de détails : *Portugaliae Mathematica*, 1946.

[2] *Trans. of the Amer. Math. Soc.*, **18**, 1917, p. 161.

Lorsqu'il existe un sous-ensemble dénombrable de S,

$$D = \{\ldots \prec \xi_p \prec \ldots \prec \xi_2 \prec \xi_1\},$$

inclusivement équivalent à S (c'est-à-dire tel que pour tout élément $\xi \succ 0$ de S il existe un $\xi_p \in D$ pour lequel $\xi_p \prec \xi$), il résulte, d'un théorème de M. Fréchet, que l'espace E est aussi distanciable.

Durant son séjour au Caire (déc. 1945-févr. 1946), M. Fréchet nous avait proposé de chercher à simplifier la condition de régularité ($\mathcal{R}$).

Nous pouvons énoncer le théorème suivant :

Si un espace E *à écart abstrait régulier n'est pas distanciable, on peut supposer que la condition de régularité prend la forme*

$$(\mathcal{R}'') \qquad (a, b) \prec \xi \quad \text{et} \quad (b, c) \prec \xi \quad \text{entraînent} \quad (a, c) \prec \xi.$$

Démonstration. — En employant le procédé bien connu de Cantor, on peut compléter l'ensemble ordonné S de façon à pouvoir supposer qu'il n'a pas de lacunes. On pourra alors y définir une borne inférieure et une borne supérieure.

De plus on pourra supposer que $\varphi(\xi)$ est défini pour tous les éléments ξ de l'échelle complétée S et que $\varphi(\xi)$ est non-croissant quand ξ décroît.

Ceci étant, si $(a, x) = \eta$, nous écrirons $\varphi(a, x) = \varphi(\eta)$. Si ξ, η sont deux éléments de S, nous désignons par $\xi + \eta$ le plus grand des deux éléments ξ et η. Enfin nous écrirons $\varphi^2(\xi) = \varphi(\varphi(\xi))$, ..., $\varphi^n(\xi) = \varphi(\varphi^{n-1}(\xi))$, ... On démontre que

$$\varphi(a, b) \preceq (a, x) + (x, b)$$

et que, plus généralement,

$$\varphi^n(a, b) \preceq (a, x_1) + (x_1, x_2) + \ldots + (x_{n-1}, x_n) + (x_n, b).$$

Nous définissons un nouvel écart abstrait $((a, b))$ par la relation

$$((a, b)) = \text{borne inférieure}\ \{(a, x_1) + (x_1, x_2) + \ldots + (x_{n-1}, x_n) + (x_n, b)\}.$$

Dans le cas où l'espace E n'est pas distanciable, ce nouvel écart abstrait est topologiquement équivalent à l'écart (a, b).

Enfin on a, pour tous a, x, $b \in E$,

$$(\mathcal{D}') \qquad ((a, b)) \preceq ((a, x)) + ((x, b)).$$

D'où l'on conclut, pour l'écart abstrait $((a, b))$

$$(\mathcal{R}'') \qquad ((a, x)) \prec \xi \quad \text{et} \quad ((x, b)) \prec \xi \quad \text{entraînent} \quad ((a, b)) \prec \xi.$$

Le théorème qui précède permet de simplifier les démonstrations d'un certain nombre de théorèmes sur l'écart abstrait, par exemple du théorème suivant déjà prouvé par M. Fréchet : *Tout espace écartisé régulier* E *est accessible et complètement régulier.*

On peut se borner au cas où E n'est pas distanciable, car dans le cas contraire on retombe sur un théorème bien connu.

Les voisinages du point a sont les sphéroïdes σ_a^ξ, c'est-à-dire l'ensemble des $x \in E$ pour lesquels $(a, x) \prec \xi$.

Si deux voisinages σ_a^ξ et σ_b^ξ ont un point commun, ils sont identiques. En effet, soit x le point commun : $(a, x) \prec \xi$ et $(b, x) \prec \xi$. Soit y un élément quelconque de σ_b^ξ. On a successivement $(b, y) \prec \xi$, $(x, y) \prec \xi$, $(a, y) \prec \xi$, $y \in \sigma_a^\xi$. De même $\sigma_a^\xi \subset \sigma_b^\xi$.

On en déduit facilement que σ_a^ξ est ouvert et aussi fermé. Pour ce dernier point, supposons $x \in \overline{\sigma_a^\xi}$. Le voisinage σ_x^ξ a un point commun avec σ_a^ξ, il lui est donc identique. D'où $x \in \sigma_a^\xi$.

On voit alors que E est un espace accessible au sens de Fréchet et un espace topologique séparé régulier au sens de Bourbaki.

Pour prouver que E est complètement régulier, il faut montrer que, quels que soient l'ensemble fermé F et le point a disjoint de F, il existe une fonction réelle continue $f(x)$, définie sur E, prenant la valeur o en a et la valeur 1 sur F. Puisque a est disjoint de F, il y a un sphéroïde σ_a^ξ ne contenant aucun élément de F. Posons $f(x) = 0$ si $x \in \sigma_a^\xi$, en particulier $f(a) = 0$, $f(x) = 1$ partout ailleurs, en particulier $f(x) = 1$ pour $x \in$ F. $f(x)$ est alors continue. En effet l'image réciproque par f de tout ensemble ouvert de l'espace numérique est soit σ_a^ξ, soit son complémentaire, soit E, soit son complémentaire, et tous ces ensembles sont ouverts dans E.

THÉORIE DES GROUPES. — *Extension à un groupe abélien quelconque des théorèmes taubériens de N. Wiener et d'un théorème de A. Beurling.* Note de M. **Roger Godement**, présentée par M. Élie Cartan.

1. *Notations.* — G est un groupe *abélien* localement compact; dx la mesure de Haar sur G; L^1 l'espace des fonctions numériques $f(x)$ définies sur G, sommables pour dx, espace muni de la norme

$$\|f\|_1 = \int |f(x)|\, dx;$$

L^∞ l'espace des $\varphi(x)$ mesurables et *essentiellement bornées* sur G pour dx, muni de la norme

$$\|\varphi\|_\infty = \operatorname*{vrai\,max}_{x \in G} |\varphi(x)| = \sup_{\substack{f \in L^1 \\ f \neq 0}} \frac{\left|\int f(x)\,\varphi(x)\,dx\right|}{\|f\|_1};$$

$\hat{G}$ le groupe dual de G; $(x, \hat{x})$ la fonction réalisant la dualité entre G et $\hat{G}$; enfin on désignera par

$$\hat{f}(\hat{x}) = \int (x, \hat{x})\, f(x)\, dx$$

la transformée de Fourier d'une $f \in L^1$. Il est connu que :

1° L^1 est un espace de Banach dont le dual est isomorphe à L^∞;

2° $\hat{f}$ est continue et *nulle à l'infini* sur $\widehat{G}$. La propriété suivante est fondamentale pour la suite :

Lemme 1. — Si $\widehat{K}$ est une partie *compacte* de $\widehat{G}$, et si $\widehat{U}$ est un *voisinage compact* de $\widehat{K}$ dans $\widehat{G}$, il existe une $\varepsilon \in L^1$ vérifiant

$$\hat{\varepsilon}(\hat{x}) = \begin{cases} 1, & \text{si } \hat{x} \in \widehat{K}, \\ 0, & \text{si } \hat{x} \in \widehat{G} - \widehat{U}. \end{cases}$$

2. Les opérations $f + g$, λf,

$$f \star g(x) = \int f(xy^{-1})\, g(y)\, dy \qquad (f,\, g \in L^1)$$

et la norme $\|f\|_1$ permettent d'introduire sur L^1 une structure d'*anneau normé* (dépourvu d'élément unité si G n'est pas discret). Si $\widehat{K}$ est un *compact* non vide de $\widehat{G}$, l'ensemble $I_{\widehat{K}}$ des $f \in L^1$ vérifiant

$$\hat{f}(\hat{x}) = 0 \qquad \text{pour } \hat{x} \in \widehat{K},$$

constitue un *idéal fermé* de L^1; on notera $R_{\widehat{K}}$ l'anneau normé quotient $L^1/I_{\widehat{K}}$: d'après le lemme 1, $R_{\widehat{K}}$ possède un *élément unité*, et l'on peut donc lui appliquer les méthodes de I. Gelfand ([1]). En particulier, si une $f \in L^1$ vérifie $\hat{f}(\hat{x}) \neq 0$ pour tout $\hat{x} \in \widehat{K}$, l'image de f dans $R_{\widehat{K}}$ n'est contenue dans aucun *idéal maximal*, d'où résulte le

Théorème 1 ([2]). — *Si* $\widehat{K}$ *est une partie compacte de* $\widehat{G}$, *et si une* $f \in L^1$ *vérifie* $\hat{f}(\hat{x}) \neq 0$ *pour tout* $\hat{x} \in \widehat{K}$, *alors il existe une* $g \in L^1$ *vérifiant*

$$\hat{g}(\hat{x}) = \frac{1}{\hat{f}(\hat{x})} \qquad \textit{pour tout } \hat{x} \in \widehat{K}.$$

3. Soit alors I un *idéal* de L^1 tel que, pour chaque $\hat{x} \in \widehat{G}$, il existe une $f \in I$ avec $\hat{f}(\hat{x}) \neq 0$. Alors pour chaque *compact* $\widehat{U} \subset \widehat{G}$ existe une $f \in I$ avec

$$|\hat{f}(\hat{x})| > 1, \qquad \text{pour tout } \hat{x} \in \widehat{U}.$$

En combinant cette remarque avec le lemme 1 et le Théorème 1, on en conclut que I contient toute $g \in L^1$ dont la transformée de Fourier est nulle en dehors de compact. D'après le

Lemme 2. — *Les* $g \in L^1$ *dont la transformée de Fourier est nulle en dehors d'un compact, sont denses dans* L^1, on en déduit aisément le

(1) *Normierte Ringe* (*Recueil Math. de Moscou*, 51, 1941).

(2) Cf. par exemple T. Carleman, *L'Intégrale de Fourier* (pour le cas où $G = R^1$, groupe additif des nombres réels).

THÉORÈME TAUBÉRIEN (3). — *Pour qu'un idéal* $I \subset L^1$ *(ou un sous-espace vectoriel invariant par translation) soit partout dense dans* L^1, *il faut et il suffit que, pour chaque* $\hat{x} \in \hat{G}$, *il existe une* $f \in I$ *vérifiant* $\hat{f}(\hat{x}) \neq 0$.

4. Dans L^∞, identifié au dual de l'espace de Banach L^1, on peut définir, de façon bien connue, une *topologie faible*, ainsi que les *translations*

$$\varphi(x) \to \varphi_s(x) = \varphi(s^{-1}x), \qquad (s \in G).$$

Soit alors V un *sous-espace vectoriel* de L^∞, *invariant par translation*, et tel que les $\varphi \in V$ avec $\|\varphi\|_\infty \leq 1$ constituent une partie *faiblement fermée* de L^∞. Si V ne se réduit pas à 0, les $f \in L^1$ telles que

$$\int f(x)\,\varphi(x)\,dx = 0, \qquad \text{pour toute } \varphi \in V$$

constituent un *idéal fermé* de L^1, *distinct de* L^1. En combinant le théorème taubérien avec une propriété connue des espaces de Banach, on en déduit que V contient au moins une fonction de la forme

$$\chi_0(x) = (x, \hat{x}_0).$$

Il est facile d'en déduire la proposition suivante, qui est du reste *équivalente* au théorème taubérien :

THÉORÈME DE BEURLING GÉNÉRALISÉ (4). — *Soit* $\varphi(x)$ *une fonction continue et bornée sur* G. *Soit* S_φ *l'ensemble des fonctions (continues et bornées) qui sont approchables, uniformément sur toute partie compacte de* G, *par des fonctions de la forme*

$$\psi(x) = \sum_i \alpha_i \varphi(s_i^{-1}x) \qquad (s_i \in G) \qquad \textit{avec}\ \|\psi\|_\infty = 1.$$

Alors S_φ *contient au moins une fonction de la forme*

$$\chi_0(x) = (x, \hat{x}_0), \qquad (\hat{x}_0 \in \hat{G}).$$

ÉLASTICITÉ. — *Mesure du module de Young et de sa variation en fonction de la température. Usage d'un fil de transmission acoustique.* Note (1) de M. CHARLES FLORISSON, présentée par M. Paul Langevin.

On sait que le module de Young d'un solide de densité D se déduit de la mesure de la fréquence propre N du son fondamental d'une éprouvette de

(3) Dans le cas $G = R^1$, dû à N. Wiener, *Tauberian Theorems* (*Ann. of Math.*, **33**, 1932, pp. 1-100). On y trouvera aussi le théorème 1 dans le cas des séries trigonométriques.

(4) A. BEURLING, *Acta Math.*, 77, 1945 (cas $G = R^1$).

(1) Séance du 24 juin 1946.

longueur L, fixée en son milieu et vibrant longitudinalement, par la formule $E = 4L^2N^2D$.

Nous avons réalisé en 1938 un appareil mettant en œuvre cette méthode ([2]), mais présentant la particularité d'utiliser des éprouvettes courtes, de 2 à 16cm par exemple, possédant par conséquent des fréquences propres ultrasonores. L'éprouvette est frappée à une extrémité par une bille et l'on capte et traduit électriquement les trains d'ondes élastiques amorties, soit au moyen d'un microphone piézoélectrique, soit par couplage magnétique si le métal essayé est magnétostrictif. On amplifie et détecte ses vibrations, ainsi que celles d'un hétérodyne-fréquencemètre, d'où résulte un son de battement dont la fréquence s'annule lors de l'unisson. On lit alors la fréquence N de l'éprouvette sur le cadran du fréquencemètre et, mesurant L et D, on en déduit E. Les mesures sont faciles et rapides et la précision est de ± 1 % ; elle atteint ± 1 ‰ moyennant quelques précautions. Nous avons pu également mesurer ainsi le module d'élasticité de fils d'acier de 0mm,3 de diamètre et de quelques centimètres de longueur.

Pour étendre le procédé aux hautes températures, il faut provoquer et capter les vibrations ultrasonores de l'éprouvette enfermée dans un petit four électrique; or on ne peut évidemment plus, dans ces conditions, faire usage d'un microphone piézoélectrique ou du couplage par magnétostriction. Nous avons tourné la difficulté par l'artifice suivant : l'éprouvette, tenue dans le four tubulaire par son plan nodal, est frappée à une extrémité par l'intermédiaire d'une aiguille métallique qui reçoit, à l'extérieur, les chocs de la bille du frappeur automatique. Les vibrations acoustiques sont conduites à l'extérieur du four par un fil métallique, non tendu, dont une extrémité appuie légèrement sur le bout de l'éprouvette et l'autre sur le microphone à qnartz porté par l'amplificateur. L'aiguille et le fil pénètrent librement dans le four par deux petits trous pratiqués dans les bouchons fermant le tube chauffant. L'expérience a été immédiatement concluante et nous avons pu tracer ainsi des courbes de modules des différents aciers jusqu'à 800°C., de laitons jusqu'à 460°C. Pour ces derniers, on constate que le décrément des vibrations dans le métal augmente considérablement à partir de 400°C. en même temps que le module décroît très vite. A 460°C., l'éprouvette est pratiquement insonore. Pour les aciers, le décrément augmente plus lentement et les courbes montrent qu'avec un nouveau four on pourra faire des mesures à plus de 800°C. L'on peut donc ainsi étudier aisément, en fonction de la température, le comportement élastique des métaux et alliages et, en général, des solides non *insonores*. Nous allons maintenant appliquer le procédé aux mesures à basses températures.

L'usage du fil de transmission acoustique (renouvelé du vieux *téléphone à*

([2]) *Société française des Mécaniciens* (supplément à la *Revue Mécanique*, n° 286 *bis*, édit. 1939).

ficelle) est évidemment susceptible de nombreuse applications en acoustique expérimentale. Nous l'avons utilisé, par exemple, pour explorer les vibrations de solides et en mesurer les fréquences, par la méthode des battements indiquée plus haut. Nous employons un fil d'acier d'environ 1mm de diamètre, qui peut avoir plusieurs mètres de longueur et reposer librement sur le sol sans que l'on constate d'amortissement important. De fortes courbures sont également sans effet et il est même avantageux de constituer l'extrémité exploratrice par un palpeur fait de quelques spires d'un fil plus fin (liaison par soudure); on diminue ainsi l'amortissement des vibrations de la pièce étudiée dû à l'appui du fil. En plus de ce rôle de conducteur acoustique, le fil métallique constitue un moyen très commode pour introduire un retard donné ou un déphasage dans une transmission acoustique ou électrique, et il est susceptible de nombreuses applications dans ce domaine. Nous avons utilisé deux fils soudés (fil bifurqué), de longueurs alors déterminées, pour additionner algébriquement deux amplitudes vibratoires et étudier ainsi des déphasages dans des vibrateurs ultrasonores.

ASTRONOMIE. — *Sur la photométrie différentielle des étoiles doubles.* Note de M. **Paul Muller**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Il n'existe actuellement que fort peu de travaux d'observation sur les différences de magnitude Δm entre les composantes des étoiles doubles. Les plus récents sont ceux de Detre (1) et de Wallenquist (2); leurs résultats valent à peu près ceux que les astronomes de Harvard obtenaient dès 1877 (3), alors que Stebbins faisait en 1904-1906 des mesures de Δm deux à trois fois plus précises, l'écart moyen de ses déterminations n'étant que $0^m,06$ environ (4).

Les deux auteurs modernes utilisent des photomètres à coin, Wallenquist en comparant directement les deux étoiles, Detre par leur égalisation successive avec une étoile artificielle; il n'est pas surprenant de constater que la seconde méthode donne les résultats les moins bons.

A Harvard au contraire, et tout comme Stebbins plus tard, on s'est servi de photomètres différentiels à polarisation de Pickering. M. Danjon a montré les avantages de la méthode et l'a appliquée avec succès, à l'Observatoire de Strasbourg, en employant un photomètre de ce type comportant d'importantes améliorations (5); l'écart moyen d'une détermination est de 2 à 3 centièmes de

(1) *Astronomische Nachrichten*, **273**, 1942, p. 253.

(2) *Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik*, Stockholm, **30**/1 A, p. 1 et **31**/3 A, p. 16, 1944.

(3) *Annals of Harvard Coll. Observatory* **11**, **64**, **69** (1879, 1912, 1909).

(4) *University of Illinois. The University Studies*, **2**, v, Urbana, 1907.

(5) *Annales de l'Observatoire de Strasbourg*, **2**, 1, 1928, p. 73.

magnitude seulement, et l'auteur juge la méthode capable de donner mieux encore, la précison étant plutôt limitée par l'appareil.

J'ai réalisé en 1937 ([6]) un micromètre à étoiles doubles et petits diamètres où l'on forme une seconde image à l'aide d'un prisme biréfringent; l'addition d'un analyseur en fait donc un photomètre du type Pickering, mais doué de propriétés nouvelles et particulièrement intéressantes pour la mesure des Δm d'étoiles doubles.

En effet : 1° On utilise un biréfringent nouveau ([7]), à dédoublement angulaire nul. Il en résulte d'abord que le cercle oculaire n'est plus dédoublé (*a*), ce qui évite des erreurs graves du fait de la position de l'œil; en outre, les deux faisceaux issus des images à comparer traversent l'analyseur parallèlement, ce qui fait fonctionner ce dernier dans les meilleures conditions.

2° On agit sur l'écartement des images en déplaçant le prisme non plus le long de l'axe de la lunette, mais dans une direction perpendiculaire; il intercepte alors un faisceau de section constante et très petite, et donne dans toute l'étendue de sa course des images identiques et exemptes d'aberrations sensibles. On peut donc employer des oculaires aussi forts que pour les mesures micrométriques, ce qui facilite beaucoup l'observation des couples serrés, et substitue à la comparaison des points stellaires celle, plus avantageuse, des petites plages constituées par les taches de diffraction.

L'appareil a servi, de 1937 à 1939, surtout de micromètre; l'analyseur, amovible, permettait d'améliorer les mesures dans certains cas. Remis en service après l'interruption imposée par les circonstances, il est destiné à l'exécution d'un programme où domineront les mesures photométriques. La faible course du prisme limite la distance maximum des couples observables à une valeur qui dépend des dimensions de ce dernier et de la longueur focale de la lunette, et qui sera habituellement de l'ordre de 10″ au plus; la limite inférieure peut être évaluée au double du pouvoir séparateur. Le champ d'action ainsi défini reste d'ailleurs très suffisant dans l'état d'avancement actuel de ce genre de travaux.

Il avait été obtenu, jusqu'en août 1939, au total 86 mesures de Δm, dont la statistique donne un écart moyen de $0^{m},04$ (*b*); de fortes différences de magnitude semblent aussi bien déterminées que les autres, et les résultats sont en bon accord avec ceux de Harvard et de Stebbins. J'ai pu, avec un instrument de 162^{mm} d'ouverture seulement, mesurer plusieurs couples aux environs de 2″, notamment ξ *Ursæ Majoris* à 1″,7.

Les photomètres différentiels à polarisation ont permis d'obtenir déjà d'excellents résultats, et la méthode paraît susceptible de donner la précision du centième de magnitude; mais cela doit s'entendre pour le cas des mesures

([6]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 961.

([7]) *Ibid.*, 206, 1938, p. 822.

sur des étoiles nettement plus écartées (plusieurs minutes d'arc) dont on observe une image peu grossie. Il est permis, par contre, de considérer comme très satisfaisant un écart moyen de 4 centièmes dans la comparaison bien plus délicate des composantes d'une étoile double serrée.

Remarques. — (*a*). On peut parvenir au même résultat par l'emploi de deux Wollaston opposés, solution d'ailleurs adoptée à Harvard, mais qui comporte de gros inconvénients, surtout dans le cas des couples serrés.

(*b*). Le progrès par rapport aux mesures de Stebbins est plus grand qu'il n'y paraît; en effet, ce dernier observait avec un réfracteur de 12 pouces (le double de l'ouverture du nôtre), et son programme était limité aux distances supérieures à 5″.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur un point de transformation des couches minces de cobalt.* Note (¹) de M. **Antoine Colombani**, présentée par M. Paul Langevin.

Les couches minces de cobalt dont il est question ont été obtenues par pulvérisation cathodique dans l'hydrogène (hydrogène électrolytique purifié par osmose) et dans l'argon pur.

L'appareillage est dans son ensemble identique à celui utilisé pour l'étude du nickel. Seulement l'étude des propriétés de conductibilité a été poussée jusqu'à 850°, ce qui a nécessité la construction d'un tube à projection en quartz, démontable. Le dépôt s'effectue sur un support de silice poli optiquement entre deux électrodes d'or. Le purgeage absolu de toutes les pièces est assuré avant projection par chauffage à 400° sous le vide de la pompe Holweck.

Quel que soit le gaz utilisé dans la projection, les résultats concordent avec ceux obtenus sur le nickel [A. Colombany, *Annales de Physique* (*Thèse*, juin 1946)].

1. *Dépôts non recuits.* — Ils donnent des résistances stables au 1/1000 près sous le vide après une évolution spontanée croissante de la résistance suivant immédiatement le dépôt (action de van der Waals-London).

Au-dessous de $20^{m\mu}$ ils n'obéissent pas à la loi d'Ohm, manifestent le phénomène de cohération (sous l'influence d'une décharge électromagnétique) et sont adsorbants (croissance de la résistance sous l'influence d'un gaz adsorbé).

Au-dessus de $36^{m\mu}$ il n'y a plus d'évolution spontanée après dépôt et le pouvoir adsorbant est très réduit. La résistivité est constante, voisine de $\rho = 720.10^{-6}$ ohm/cm, soixante fois plus élevée que celle du cobalt usuel, et la couleur est brun noir.

Comme pour le nickel l'état non recuit est vraisemblablement amorphe.

2° *Influence du recuit.* — Lorsqu'on élève la température lentement jus-

(¹) Séance du 24 juin 1946.

qu'aux environs de 450°, on constate une diminution de la résistance. Comme pour le nickel nous sommes en présence d'une cristallisation progressive à la suite de laquelle le coefficient de température final du dépôt est devenu positif (de l'ordre du millième) et sa résistance fonction réversible de t entre o et t.

A 450° on peut admettre que tous les atomes sont groupés en cristallites car le chauffage au-dessus de 450° ne produit plus la décroissance de R, mais sa montée régulière avec la température jusqu'à 763°.

Brusquement, à cette température, la résistance du dépôt subit une diminution importante en quelques minutes (rapport 23).

Si l'on revient ensuite à la température ambiante, on constate que le dépôt possède le brillant bleuté du cobalt usuel poli. Les cristallites se sont prises en masse pour donner le métal usuel, car après calculs la résistivité (pour les quatre couches étudiées) est comprise entre 11.10^{-6} et 12.10^{-6}, donc comparable à celle assignée au cobalt usuel ($5,5.10^{-6}$ à 13.10^{-6}).

Ces couches sont fortement ferromagnétiques. Elles se détachent facilement du support (du moins au-dessus de $0^{\mu},3$, sur 2^{cm^2}). Vues au microscope, elles sont continues, sans grains, sauf à quelques endroits qui paraissent piqués. Il s'agit probablement, là, de gaz désadsorbé pendant chauffage par le dépôt ou son support.

En tous cas la résistivité de ces couches recuites est indépendante des variations de pression, ou de l'état hygrométrique lorsqu'elles sont à l'air.

Du fait de l'élévation du point de Curie (1150°), il ne m'a pas encore été possible d'observer des anomalies de conductibilité analogues à celles que j'ai signalées pour le nickel (*loc. cit.*).

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'existence des réseaux électriques.*
Note de M. **Maurice Parodi.**

On sait qu'un réseau électrique passif à n mailles indépendantes, sans mutuelles inductances, peut être caractérisé par trois matrices symétriques d'ordre n dont les éléments, réels, sont formés respectivement par les self-inductances, les résistances et les élasticités, totales et de couplage, de chaque maille [1]

$$\mathfrak{C}=(l_{hk}),\qquad \mathcal{F}=(r_{hk}),\qquad U=(s_{hk})\qquad (h,k=1,2,\ldots,n)$$

avec les conditions

$$(1)\quad \begin{cases} l_{hh}>0, \quad r_{hh}>0, \quad s_{hh}>0 \quad (l=1,2,\ldots,n), \\ l_{hh}>\sum_k |l_{hk}|,\quad r_{hh}>\sum_k |r_{hk}|,\quad s_{hh}>\sum_k |s_{hk}| \quad (k=1,2,\ldots,h-1,h+1,\ldots,n) \end{cases}$$

et que les formes quadratiques associées à ces matrices où les variables représentent les quantités d'électricité (ou leurs dérivées par rapport au temps) qui circulent dans les mailles doivent être définies positives.

Nous allons montrer que les conditions (1) suffisent pour que les formes

(1) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 281.

associées envisagées soient définies positives, c'est-à-dire que leurs déterminants soient positifs; ceci résulte du théorème qui suit :

Si un déterminant d'ordre n, $\Delta_n = \| a_{hk} \|$ est tel que ses éléments satisfassent aux relations

$$a_{hh} > 0, \qquad a_{hh} > \sum_k |a_{hk}| \qquad (h = 1, 2, \ldots, n;\ k = 1, 2, \ldots, h-1, h+1, \ldots, n),$$

ce déterminant est positif.

Minkowski [2] a démontré cette proposition quand $a_{hh} > 0$, $a_{hk} < 0$; donnons-en une démonstration générale.

En posant $a_{hh} - \sum\limits_k |a_{hk}| = \sigma_h > 0$ par hypothèse, Δ_n, supposé non symétrique, s'écrit

$$\Delta_n = \begin{vmatrix} |a_{12}| + \ldots + |a_{1n}| + \sigma_1 & a_{12} & \ldots & a_{1,n-1} & a_{1n} \\ a_{21} & |a_{21}| + \ldots + |a_{2,n-1}| + |a_{2,n}| + \sigma_2 & \ldots & a_{2,n-1} & a_{2n} \\ \ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots & \ldots \\ a_{n1} & a_{n2} & \ldots & a_{n,n-1} & |a_{n1}| + \ldots + |a_{n,n-1}| + \sigma_n \end{vmatrix}$$

On vérifie facilement que Δ_n est positif pour $n = 1, 2$; supposons la propriété vraie pour $n - 1$ et montrons qu'elle est vérifiée pour n.

A cet effet considérons la fonction des $2(n-2)$ variables $X_1, X_2, \ldots, X_{n-2}$, $Y_1, Y_2, \ldots, Y_{n-2}$,

$$F(X_1, \ldots, Y_1, \ldots) = \begin{vmatrix} |a_{12}| + \ldots + |a_{1n}| + \sigma_1 & a_{12} & \ldots & a_{1,n-1} & a_{1n} \\ a_{21} & |a_{21}| + \ldots + |a_{2,n-1}| + |X_1| + \sigma_2 & \ldots & a_{2,n-2} & X_1 \\ \ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots & \ldots \\ a_{n1} & Y_1 & \ldots & Y_{n-2} & |a_{n1}| + |Y_1| + \ldots + |Y_{n-2}| + \sigma_n \end{vmatrix}$$

D'après un théorème de M. Hadamard [3], la fonction $F(X_1, \ldots, Y_1, \ldots)$ n'est jamais nulle pourvu que $\sigma_1, \sigma_2, \ldots, \sigma_n$ soient tous différents de zéro.

Faisons

$$X_1 = X_2 = \ldots = X_{n-2} = Y_1 = Y_2 = \ldots = Y_{n-2} = 0 \quad \text{dans} \quad F(X_1, \ldots, Y_1, \ldots)$$

on obtient

$$\begin{vmatrix} |a_{12}| + \ldots + |a_{1n}| + \sigma_1 & a_{12} & \ldots & a_{1,n-1} & a_{1n} \\ a_{21} & |a_{21}| + \ldots + |a_{2,n-1}| + \sigma_2 & \ldots & a_{2,n-1} & 0 \\ \ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots & . \\ a_{n1} & 0 & \ldots & 0 & |a_{n-1}| \end{vmatrix}$$
$$+ \sigma_n \begin{vmatrix} |a_{12}| + \ldots + |a_{1n}| + \sigma_1 & a_{12} & \ldots & a_{1,n-1} \\ a_{21} & |a_{21}| + \ldots + |a_{2,n-1}| + \sigma_2 & \ldots & a_{1,n-1} \\ \ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ a_{n-1,1} & a_{n-1,2} & \ldots & |a_{n-1,1}| + \ldots + |a_{n-1,n-2}| + \sigma_{n-1} \end{vmatrix}.$$

---

[2] *Œuvres complètes*, 1, p. 316.

[3] *Leçons sur la propagation des ondes*, 1903, pp. 13-14.

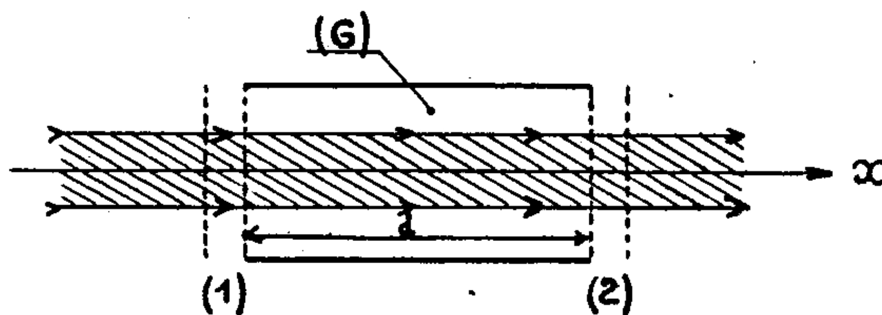
Puisque nous avons supposé la proposition vraie pour $n-1$, le coefficient de σ_n est positif; examinons maintenant le premier déterminant; si a_{n1} est positif $+|a_{n1}|=a_{n1}$ et en soustrayant la dernière colonne de la première, on voit que ce déterminant est le produit par $|a_{n1}|$ d'un déterminant d'ordre $n-1$ qui est lui-même positif puisqu'il est du type Δ_n et que la proposition a été supposée vraie pour $n-1$. Si a_{n1} est négatif $+|a_{n1}|=-a_{n1}$; un procédé analogue au précédent permet de montrer que le déterminant est également positif.

Finalement $F(0, 0, \ldots, 0, \ldots)$ est positif.

En partant des valeurs $X_1=\ldots=X_{n-2}=Y_1=\ldots=Y_{n-2}=0$ des variables dans $F(X_1, \ldots, Y_1, \ldots)$ et en faisant varier ces grandeurs d'une façon continue jusqu'à ce qu'elles atteignent respectivement les valeurs $a_{2n}, \ldots, a_{n1-,n}$ $a_{n2}, \ldots, a_{n,n-1}$ et en leur donnant constamment le signe des éléments de Δ_n qu'elles doivent finalement égaler, la fonction $F(X_1, \ldots, Y_1, \ldots)$, qui est continue et qui est partie d'une valeur positive, ne s'est jamais annulée d'après le théorème de M. Hadamard; elle est donc restée constamment positive; donc Δ_n est *positif*.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur le groupement dans les tubes à modulation de vitesse.* Note (1) de M. **Jean Voge**, présentée par M. Joseph Pérès.

Le groupement électronique dans l'espace (G), de longueur d, d'un tube klystron de révolution autour de Ox (voir la figure) est étudié en général en négligeant les champs électroniques. Une vitesse à l'entrée $v=v_c(1+\mu\sin\omega t_0)$,



où $\mu\ll 1$, conduit à un temps de transit $\tau=\tau_c(1-\mu\sin\omega t_0)$, avec $\tau_c=d/v_c$ et à un rendement optimum de 58 % pour $\mu\omega\tau_c=1,84$.

Je me propose de poser le problème général, compte tenu des champs électroniques et de mettre en évidence un cas où ces champs ne modifient pas la loi du groupement obtenue en les négligeant.

Les champs à l'intérieur de (G) peuvent être dérivés des potentiels instantanés de Maxwell V et $\vec{a}$

$$\Delta V=-4\pi\rho,\qquad \Delta\vec{a}=-4\pi\vec{J},\qquad \operatorname{div}\vec{a}=0, \tag{1}$$
$$\text{avec } (V)_s=\text{const.}\qquad \text{et}\qquad (\vec{a}\wedge\vec{n})_s=0,$$

(1) Séance du 24 juin 1946.

S désignant la surface limitant (G), surface supposée infiniment conductrice. $\vec{n}$ étant le vecteur normal à S; $\vec{J}$, la densité de courant total.

α. Si (G) est de faible dimension par rapport à λ, le terme en $\partial\vec{a}/\partial t$ est négligeable dans

$$\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}}\,V - \frac{1}{c}\frac{\partial\vec{a}}{\partial t}. \tag{2}$$

On peut calculer $\vec{E}$ à partir du seul potentiel quasi stationnaire V avec $V_{g_1} = V_{g_2}$ [g_1 et g_2 grilles d'entrée et de sortie de (G)]. Il faut introduire les images électriques des charges ρ par rapport à g_1 et g_2.

β. Dans le cas général, si le problème est à symétrie plane, c'est-à-dire si champs et mouvements ne dépendent que de x, on aura, en affectant les indices a aux grandeurs alternatives, c aux grandeurs continues,

$$\text{div}\,\vec{a}_a = \frac{\partial(\vec{a}_a)_x}{\partial x} \equiv 0, \tag{3}$$

$$4\pi(\vec{J}_a)_x = -\text{rot}\,\vec{H}_a = -\text{rot rot}\,\vec{a}_a = \frac{\partial^2(\vec{a}_a)_x}{\partial x^2} \equiv 0. \tag{4}$$

Si le faisceau est homogène à l'entrée de (G), la densité du courant électronique $(\vec{i}_a)_x$ est nulle sur (g_1)

$$(\vec{J}_a)_x = (\vec{i}_a)_x + \frac{1}{4\pi}\frac{\partial(\vec{E}_a)_x}{\partial t}, \tag{5}$$

$$\left[\frac{\partial(\vec{E}_a)_x}{\partial t}\right]_{g_1} = j\omega\left[(\vec{E}_a)_x\right]_{g_1} \equiv 0, \qquad \left[(\vec{E}_a)_x\right]_{g_1} \equiv 0. \tag{6}$$

On sait que, dans ce cas plan,

$$\frac{d(\vec{E})_x}{d\tau} = 4\pi(\vec{J})_x = 4\pi\vec{J}_c. \tag{7}$$

τ désigne le temps de transit entre (g_1) $(x = 0)$ et un point d'abscisse x. L'équation du mouvement s'écrit

$$m\frac{d\vec{v}}{d\tau} = -e(\vec{E} + \vec{v}\wedge\vec{B}) \quad \text{avec} \quad \vec{v}_{x=0} = \vec{v}_c(1 + \mu\sin\omega t_0), \tag{8}$$

$$m\frac{d\vec{v}_x}{d\tau} = -e\vec{E}_x, \tag{9}$$

car $(\vec{v}\wedge\vec{B})_x = (v_c\wedge\vec{B}_a)_x$ au second ordre près en $\mu \doteq 0$.

Les équations (7) et (9), compte tenu de ce que $(\vec{J})_x = \vec{J}_c$ et que (g_1) et (g_2) sont au même potentiel continu, s'intègrent immédiatement par rapport à τ.

En négligeant les termes du second ordre en μ,

$$(10)\qquad \tau = \tau_c(1-\mu\sin\omega t_0),\qquad \text{où } \tau_c = \frac{d}{v_c}\left(1+\frac{\pi J_c}{3}\frac{e}{m}\frac{\tau_c^3}{d}\right) > \frac{d}{v_c}.$$

La valeur de τ_c se trouve accrue, mais la loi de variation de τ avec t_0 n'est pas changée : on aura encore un rendement de 58 % pour $\mu\omega\tau_c = 1,84$.

Les formules (7) et (9) supposent qu'il n'y a pas chevauchement des électrons ($\mu\omega\tau_c \leqq 1$).

On peut traiter le cas du chevauchement si $d \ll \lambda$ par une méthode d'approximation : dans $\Delta V = -4\pi\rho$ on remplace ρ par la valeur obtenue en négligeant le champ.

On en déduit V, $\overrightarrow{E_x}$ et τ. Un calcul de Webster [2] ne tient compte que de la composante alternative ρ_a.

Le calcul avec $\rho = \rho_c$, qui néglige ρ_a, est immédiat et donne

$$(11)\qquad \tau = \frac{d}{v_c}\left(1+\frac{\pi e}{3m}\rho_c\frac{d^2}{v_c^2}\right)(1-\mu\sin\omega t_0) - \frac{2\pi}{3}\frac{e}{m}\rho_c\mu\frac{d^3}{v_c^3}\sin\omega t_0,$$

et, pour $\rho = \rho_c + \rho_a$ (calcul rigoureux),

$$(12)\qquad \tau = \frac{d}{v_c}\left(1+\frac{\pi}{3}\frac{e}{m}\rho_c\frac{d^2}{v_c^2}\right)(1-\mu\sin\omega t_0).$$

Là encore on obtient la même loi de variation de τ avec t_0 qu'en négligeant les champs électroniques.

La concordance des résultats des deux méthodes utilisées est immédiate.

ÉLECTRONIQUE. — *Origine de la distorsion trapézoïdale dans les oscillographes cathodiques.* Note [1] de M. **André Cazalas**, présentée par M. René Barthélemy.

Dans un oscillographe cathodique, désignons par P_1 la paire de plaques la plus rapprochée du canon et par P_2 la deuxième paire. P_1 donne sur l'écran des déviations parallèles à l'axe des ordonnées Oy et P_2 des déviations parallèles à l'axe des abscisses Ox.

Dans le cas de l'attaque dissymétrique, les déviations x et y provoquées par les potentiels u et v des plaques P_2 et P_1 ne sont plus indépendantes : l'expérience montre que x est proportionnel à u et indépendant de v; par contre y est fonction de u et de v. En introduisant un développement limité de y, en u et v, on trouve une expression de la forme

$$y = y_0 + \frac{x}{a}\left(\frac{y_0}{b}\frac{\partial^2 y_0}{\partial u\,\partial v} + \frac{1}{2}\frac{\partial^3 y_0}{\partial u\,\partial v^2}\frac{y_0^2}{b^2}\right) + \frac{1}{2}\frac{\partial^3 y_0}{\partial u^2\,\partial v}\frac{y_0}{b}\frac{x^2}{a^2},$$

a et b étant les coefficients de proportionnalité reliant x à u et y_0 à b.

(2) *Journal of Applied Physics*, **10**, juillet 1939, p. 501.

(1) Séance du 24 juin 1946.

L'expérience montre que le terme en x^2/a^2 est négligeable, de même que la deuxième partie du terme en x/a. Pour v constant, le spot décrit une droite dont la pente est proportionnelle à y_0; son point d'intersection avec Ox est indépendant de y_0 et son abcisse x_0 permet de caractériser la distorsion trapézoïdale par le rapport R/x_0, R étant le rayon de l'écran.

Ayant ainsi défini l'effet de trapèze, j'ai cherché à l'expliquer. Une grille reliée à l'anode de potentiel le plus élevé, et séparant les deux paires de plaques montre d'abord que l'influence réciproque des deux paires de plaques est faible, de l'ordre de 20 % de l'effet total.

J'ai étudié ensuite l'importance de la variation de la vitesse axiale Vz des électrons au cours de la traversée des plaques P_2. Pour cela, on place de chaque côté de P_2 une grille perpendiculaire à l'axe et l'on calcule une limite supérieure de $\Delta y/y$ en fonction de $\Delta Vz/Vz$, puis de u. On constate ainsi que $\Delta y/y$ est au plus de l'ordre de 1/400, donc négligeable. L'effet de trapèze est cependant très net encore.

Si l'on remarque qu'après la traversée de la première grille, les plaques P_1 ne peuvent produire aucun champ électrique, on en conclut que le champ de P_2 possède des composantes parallèles à Oy. On les trouve dans le champ de fuite de cette paire de plaques : à l'entrée des plaques P_2, il y a des lignes de force qui quittent la plaque supérieure sans aboutir à la plaque inférieure, qui est à la terre; ces lignes de force possèdent des composantes parallèles à Oy. Il en est de même de celles qui aboutissent à la plaque inférieure. A la sortie des plaques P_2, un effet analogue se produit, il est particulièrement important à l'angle de ces plaques.

Ayant ainsi déterminé la disposition des lignes de force qui créent le trapèze, je l'ai corrigé en provoquant un effet inverse à l'entrée des plaques P_2 par deux moyens combinés : 1° on découpe les plaques P_2 suivant un cercle dont le centre est sur l'axe autour duquel tourne le pinceau d'électrons quand il se déplace parallèlement à Oy; 2° on introduit entre les deux paires de plaques un écran cylindrique concentrique au cercle précédent, porté au potentiel de l'anode finale, et présentant une fente destinée au passage du faisceau électronique.

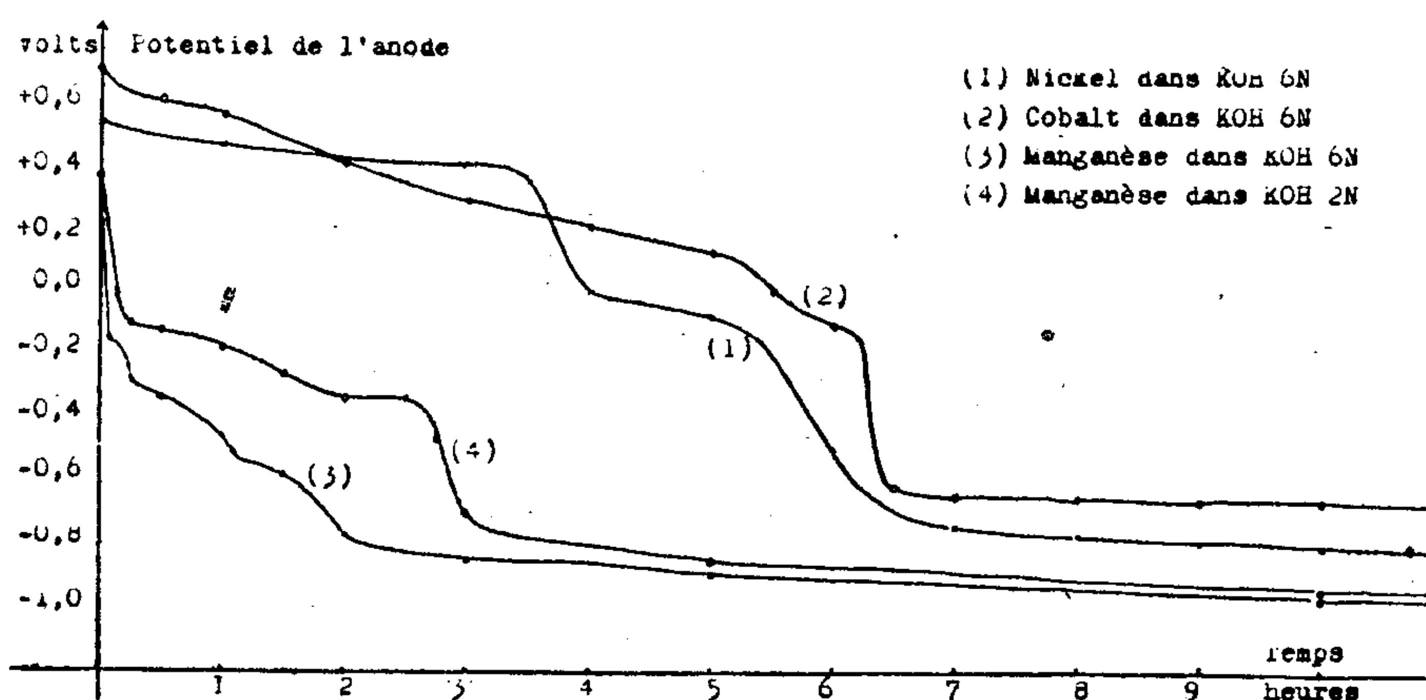
ÉLECTROCHIMIE. — *Étude comparée de l'oxydation anodique du nickel, du cobalt et du manganèse en solution alcaline.* Note (¹) de M. **Jean Besson**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'oxydation anodique du nickel, du cobalt et du manganèse a fait l'objet de travaux nombreux mais qu'il est impossible de comparer par suite de conditions expérimentales très différentes. Je me suis proposé de faire une étude de ce

(¹) Séance du 24 juin 1946.

phénomène par une méthode unique et dans des conditions identiques pour les trois métaux, étude surtout qualitative afin de caractériser les oxydes définis qui prennent ainsi naissance.

La méthode choisie pour cela a été décrite par Rollet (²); en voici le principe : on constitue une pile, avec, pour anode, un fil de platine recouvert du métal étudié et, pour cathode, une masse d'amalgame de potassium. Différents électrolytes ont été essayés : soude, potasse, carbonate neutre de potassium en solution 0,5N à 10N. Quand la charge d'une telle cellule est terminée, on la laisse se décharger dans une résistance connue. Au cours de cette décharge le potentiel de la cathode reste sensiblement constant, de sorte que les variations de la f. é. m. de la pile traduisent uniquement les variations du potentiel de l'anode. Les courbes de la figure indiquent cette variation en fonction du temps. Elles appellent les remarques suivantes :

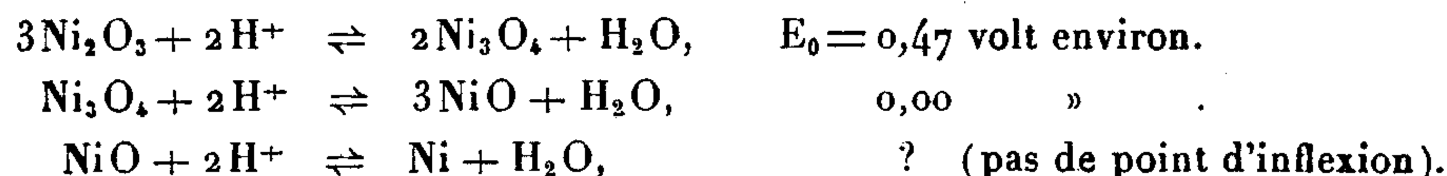


La notion de potentiel d'oxydoréduction, classique pour des réactions entre ions ou même entre un solide et un ion, n'a guère été développée pour des réactions entre deux solides. Or ce sont précisément de telles réactions qui ont lieu sur les anodes étudiées. Mais ici, comme dans le cas de réactions ioniques en solution, les potentiels mesurés sont ceux d'un fil de platine plongeant dans le milieu oxydoréducteur (la couche d'oxydes entourant l'anode) et le fait que ces potentiels soient parfaitement stables et aisément reproductibles nous autorise à leur attribuer la même signification. Il est donc naturel d'admettre que la présence sur ces courbes d'un palier ou simplement d'un point d'inflexion à tangente plus ou moins horizontale caractérise un équilibre entre deux oxydes définis que l'on distingue ainsi d'un oxyde ayant seulement adsorbé de l'oxygène. D'où l'intérêt analytique de l'étude de cette courbe. Voici les conclusions de cette étude pour les trois métaux étudiés, en solution KOH6N :

Nickel. — La courbe présente trois paliers très nets. Le palier intermédiaire,

(²) *Ann. de Chimie*, **13**, 1930, p. 202.

signalé par certains auteurs et attribué à tort à l'existence d'impuretés ([3]), n'apparaît que pour des densités de courant très faibles et avait échappé à Rollet. Ils correspondent respectivement aux équilibres



$$3Ni_2O_3 + 2H^+ \rightleftharpoons 2Ni_3O_4 + H_2O, \quad E_0 = 0{,}47 \text{ volt environ.}$$
$$Ni_3O_4 + 2H^+ \rightleftharpoons 3NiO + H_2O, \quad 0{,}00 \quad »$$
$$NiO + 2H^+ \rightleftharpoons Ni + H_2O, \quad ? \text{ (pas de point d'inflexion).}$$

Ces résultats confirment ceux des travaux antérieurs ([4]) et les complètent en ce qui concerne le palier intermédiaire. Toutefois un palier signalé uniquement par Rollet ([1]) et qui correspondrait au bioxyde NiO_2 n'a pu être retrouvé dans aucune condition de concentration ou de température.

Cobalt. — La courbe présente une première partie décroissant assez régulièrement, sur laquelle on distingue deux points d'inflexion peu nets, mais constants. Ils correspondent aux équilibres : $CoO_2 \rightleftharpoons Co_2O_3$ ($E_0 = +0{,}65$ V) et $Co_3O_4 \rightleftharpoons CoO$ ($E_0 = -0{,}05$ V). Le point d'inflexion intermédiaire qui correspondrait à l'équilibre $Co_2O_3 \rightleftharpoons Co_3O_4$ manque ici. Séparée de la première par une chute brusque, la seconde partie de la courbe est un palier correspondant à l'équilibre $CoO \rightleftharpoons Co$ ($E_0 = -0{,}63$ V environ). Tous ces faits sont en accord satisfaisant avec ceux observés par Grube et Feucht ([5]).

Manganèse. — On distingue nettement, quand la concentration de l'électrolyte est convenable, trois points d'inflexion correspondant aux équilibres : $MnO_2 \rightleftharpoons Mn_2O_3$ ($E_0 = -0{,}15$ V), $Mn_2O_3 \rightleftharpoons Mn_3O_4$ ($E_0 = -0{,}27$ V) et $Mn_3O_4 \rightleftharpoons MnO$ ($E_0 = -0{,}49$ V), puis un palier le long duquel $MnO \rightleftharpoons Mn$. En outre, une chute initiale très brusque du potentiel indique la formation d'un manganate ($E_0 = +0{,}30$ V environ). Là encore la méthode utilisée donne des résultats en très bon accord qualitatif et quantitatif avec ceux de Grube et Metzger ([6]), et permet, en plus, de distinguer le passage par l'état de sesquioxyde, puis d'oxyde salin.

En résumé, la méthode met en évidence les mêmes degrés d'oxydation pour les trois métaux, à l'exception du bioxyde pour le nickel et des peroxydes correspondant au manganate pour le nickel et le cobalt.

([3]) ZEDNER, *Zeits. für Elektrochemie*, **12**, 1906, p. 463.

([4]) FOERSTER, *Zeits. für Elektrochemie*, **13**, 1907, p. 414; GRUBE et DOETSCH, *Zeits. für Elektrochemie*, **42**, 1936, p. 247.

([5]) *Zeits. für Elektrochemie*, **28**, 1922, p. 568.

([6]) *Ibid.*, **29**, 1923, p. 17.

RAYONS X. — *Sur les monochromateurs à cristal courbé.* Note (1) de M. André Guinier, présentée par M. Charles Mauguin.

1. *Procédé avantageux de taille de la lame cristalline.* — La figure 1 rappelle le principe bien connu du fonctionnement de la lame cristalline courbée utilisée comme monochromateur. Si $2R$ est le rayon de courbure de la lame et θ l'angle de réflexion sélective pour la radiation choisie, la distance entre la source S ou le point de focalisation P et le milieu C de la lame est égale à $2R\sin\theta$. Il est souvent avantageux d'intercaler entre C et P la chambre de diffraction, en particulier pour l'étude de la diffraction ou diffusion aux petits angles. Dans ce dernier cas, notamment, on est obligé pour avoir une distance suffisante entre l'échantillon et le film, qui passe par P, d'augmenter C P, donc R. Le cristal se trouve donc éloigné du tube, ce qui diminue la luminosité du montage. Cet inconvénient peut être évité par l'artifice suivant : la lame cristalline est taillée non plus parallèlement aux plans réflecteurs utilisés, mais de façon que ceux-ci fassent un angle $\alpha < \theta$ avec la surface (*fig.* 2). Après courbure, il y a encore

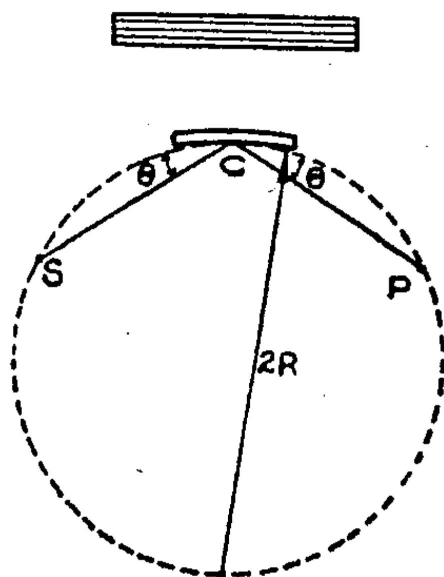


Fig. 1.

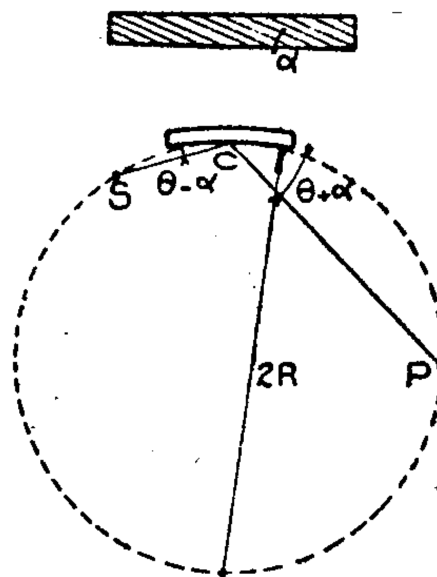


Fig. 2.

focalisation des rayons réfléchis (2), mais la source S et le foyer P ne sont plus symétriques par rapport à C. On a

$$SC = 2R\sin(\theta - \alpha) \quad \text{et} \quad CP = 2R\sin(\theta + \alpha).$$

On peut ainsi, sans changer R, diminuer SC au profit de PC.

Par exemple, avec la radiation $CuK\alpha$, et des lames de quartz utilisant comme plan réfléchissant $10\bar{1}1$ ($\theta = 13°21'$), on peut prendre $2R = 500^{mm}$ et $\alpha = 7°$; on aura $SC = 55^{mm}$ et $CP = 170^{mm}$. Il est ainsi possible d'employer

(1) Séance du 24 juin 1946.

(2) Y. Cauchois, *Journ. de Phys.*, 3, 1932, p. 320.

des chambres de diffraction de grand diamètre, donc de meilleur pouvoir de résolution.

2. *Comparaison entre les lames planes courbées et les lames taillées suivant Johansson.* Une lame plane ne donne, après courbure, qu'une focalisation approchée. Pour obtenir une focalisation géométriquement parfaite, Johansson ([3]) taille la lame en forme de cylindre de rayon R pour lui donner la courbure 2R (ce travail peut être aussi bien fait sur des lames taillées comme il est indiqué au § 1). Nous avons comparé une lame plane et une lame cylindrique soumise au même rayon de courbure ($R = 600^{mm}$), aux points de vue de l'intensité du faisceau monochromatique, de la finesse de la raie et de l'ouverture du faisceau, la source de rayons X étant dans les deux cas une surface de 1×2 mm utilisée sous l'incidence de 6° (radiation Cu Kα). Les raies, au point le plus étroit du faisceau, sont à peu près aussi fines; le faisceau réfléchi par la lame Johansson a 3° d'ouverture, tandis que l'autre n'en a que 1°5 environ; l'intensité du premier est 2,2 fois plus grande que celle de l'autre. Donc la correction de Johansson est très intéressante dans les montages où l'on peut utiliser efficacement un faisceau convergent de 2 à 3° d'ouverture : c'est le cas des diagrammes de poudre faits avec une chambre Seeman-Bohlin, et aussi pratiquement dans beaucoup de cas de diagrammes de cristal tournant.

Quand l'angle de réflexion θ est petit (cas de Mo Kα), les rayons de courbure utilisés sont plus grands ($1\,000^{mm}$ à $1\,200^{mm}$) et les faisceaux obtenus sont toujours assez étroits (1 à 2°) : la correction de Johansson n'a donc ici plus d'intérêt.

3. *Comparaison entre les monochromateurs à cristal courbé et à cristal plan.* — L'intensité du faisceau réfléchi par une face cristalline varie beaucoup suivant le cristal ([4]). En particulier, pour avoir un faisceau intense, il faut utiliser un cristal peu absorbant et *imparfait* (à structure mosaïque). Les cristaux organiques sont très réfléchissants, mais donnent des raies trop floues pour beaucoup d'usages. Nous avons utilisé, pour le comparer au quartz courbé, le fluorure de lithium qui donne des résultats meilleurs que le sel gemme, très généralement employé pour cet usage; le cristal plan est placé aussi près que possible de la fenêtre du tube à rayons X. Avec une même source de rayons X, le faisceau réfléchi par le quartz courbé, *étant utilisé à ouverture maximum*, était environ 8 fois plus intense que celui réfléchi par le fluorure de lithium. Naturellement, si l'on est obligé de réduire l'ouverture du faisceau réfléchi par le quartz courbé, on perd cet avantage, mais le faisceau est défini géométriquement de façon plus précise qu'avec le cristal plan.

([3]) *Zeit. Phys.*, 83, 1933, p. 507.

([4]) H. Lipson, J. B. Nelson et D. P. Riley, *Journ. Scient. Inst.*, 22, 1945, p. 184.

CHIMIE PHYSIQUE — *Action des ultrasons sur l'eau.* Note de MM. **André Kling** et **Roger Kling**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'influence que les vibrations ultrasonores sont susceptibles d'exercer sur les réactions chimiques est encore mal connue. L'un des cas les plus généraux du problème concerne les réactions qui s'effectuent en milieu aqueux. C'est pourquoi il nous a semblé qu'une étude d'ensemble sur ce problème général devait débuter par une mise au point précise de l'action exercée par les ultrasons sur l'eau.

Cette étude a été dejà abordée par plusieurs auteurs (1), qui ont abouti parfois à des résultats peu concordants. Tous s'accordent néanmoins pour constater que sous l'influence des vibrations l'eau acquerrait des propriétés oxydantes. En général on a trouvé que le produit principal qui prend naissance dans ces conditions est l'eau oxygénée, mais, à cette production, s'ajouterait pour les uns celle d'oxygène activé ou celle d'ozone, ou encore celle de dérivés oxygénés de l'azote (NO_2H, NO_3H), ou même celle, assez peu vraisemblable, d'ammoniaque (2). En général on admet que la formation de ces composés est liée à la cavitation qui prend naissance dans l'eau soumise aux vibrations ultrasonores.

Pour déterminer la nature des oxydants formés, et contrairement à ce qui a été fait par certains auteurs, nous n'avons soumis aux vibrations ultrasonores que de l'eau pure bidistillée, les réactifs n'étant ajoutés qu'après l'irradiation.

Les vibrations ultrasonores étaient produites par un quartz vibrant en résonance sur la fréquence de 985 000 cycles/sec. La puissance dissipée dans le liquide à traiter, mesurée par une méthode calorimétrique, était au maximum de 70 watts, la température était maintenue sensiblement constante par un serpentin réfrigérant.

En irradiant de l'eau, totalement dégazée par ébullition sous vide et maintenue rigoureusement à l'abri de tout contact gazeux, nous avons constaté que, conformément à ce qui avait déjà été signalé, l'eau n'acquerrait pas dans ces conditions de propriétés oxydantes décelées par les réactifs appropriés [KI et empois d'amidon, MnO_4K, $(SO_4)^2Ti$, ...]. Les ultrasons n'y provoquent qu'une faible cavitation.

Si, dans cette eau purifiée, on fait barboter de l'oxygène, elle présente, après une nouvelle exposition aux vibrations, les réactions de l'eau oxygénée.

La présence d'ozone n'a pu y être décelée par le tétraméthyldiparadiamino-

(1) Schmitt, Johnson et Olson, *J. Am. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 370; Beuthe, *Z. Physik. Chem.*, 163, 1933, p. 161; Szu-Chih Liu et Hsien Wu, *J. Amer. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 1005; Solovieva, *J. Phys. Khimii*, 9, 1937, p. 77; Loiseleur, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 876.

(2) Beuthe, voir ci-dessus, Note de la page 170.

diphénylméthane, réactif spécifique de l'ozone ([3]), mais insuffisamment sensible. Par contre une solution de fluorescéine à la concentration de 10^{-3} perd sa fluorescence et se décolore lorsqu'on y ajoute de l'eau déjà irradiée.

D'après Benoist ([4]), cette réaction ne se produirait qu'en présence d'ozone; l'eau oxygénée, en particulier, serait sans action, faits que nous avons vérifiés.

Si l'eau est saturée non plus d'oxygène, mais d'air, on constate qu'à la formation des composés précédents se superpose celle de composés oxygénés de l'azote. L'acide nitreux peut être mis en évidence par le réactif α-naphtylamine et acide sulfanilique et l'acide nitrique au moyen de la brucine, après destruction préalable de l'acide nitreux par l'azothydrate de sodium en milieu acide. Quant à la présence d'ammoniaque, qui aurait été reconnue au moyen du réactif de Nessler, il s'agit certainement d'une confusion entre la coloration que fournit ce réactif avec l'ammoniaque et celle qu'il donne lorsqu'on l'additionne d'un acide, NO_3H, par exemple.

En définitive, c'est donc bien uniquement à la présence d'oxygène ou de son mélange avec l'azote, dissous, qu'il faut attribuer l'apparition, dans l'eau irradiée, d'une réaction acide et de propriétés oxydantes.

Ces propriétés oxydantes de l'eau ne suffisent pas d'ailleurs toujours à expliquer l'action des ultrasons sur certains réactifs. C'est le cas, par exemple, de CCl_4 qui demeure pratiquement inaltéré lorsqu'on le met en présence d'eau préalablement irradiée, alors qu'il subit une oxydation notable lorsqu'il est exposé aux vibrations en présence d'eau.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le complexe thiocyané du rhénium.*

Note ([1]) de Mlle **Suzanne Tribalat**, présentée par M. Louis Hackspill.

Par addition de thiocyanate alcalin et de chlorure stanneux à une solution de perrhénate acidifié par l'acide chlorhydrique, il se développe une coloration variant du jaune au rouge suivant la concentration en rhénium. Cette réaction d'après Geilmann permettrait de déceler 1 γ de rhénium ([2]).

La formule $ReO(SCN)_4$ a été attribuée par Druce ([3]) au complexe rouge. Le rhénium serait donc présent d'après lui à la valence VI. Mais Hölemann ([4]), après essai de précipitation du complexe par un métal lourd et analyse du produit précipité, conclut à la valence V ou peut-être même IV.

([3]) Fischer et Marx, *Deutch. Gesel.*, 50, 1996, p. 2555.
([4]) *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 612.

([1]) Séance du 17 juin 1946.
([2]) *Z. anorg. allgem. Chem.*, 208, 1932, p. 217.
([3]) *Rec. Trav. Chim.*, 54, 1935, p. 335.
([4]) *Z. anorg. allgem. Chem.*, 235, 1937, p. 1.

J'ai repris l'étude de ce complexe pour y déterminer la valence du rhénium :

1° *Par la méthode potentiométrique.* — La réduction de 10$^{cm^3}$ d'acide perrhénique M/100 additionnés d'un excès de thiocyanate est effectuée, en atmosphère inerte, par du chlorure stanneux titré.

Au cours d'essais préliminaires, le chlorure stanneux s'est révélé en effet le réducteur approprié : son action est rapide. Le milieu acide chlorhydrique normal convient pour cette réduction : j'ai vérifié que dans ces conditions l'action réductrice du thiocyanate sur le rhénium VII est négligeable.

Les premières gouttes de chlorure stanneux ajoutées au mélange rhénium VII + thiocyanate font apparaître une coloration orangé, tandis que le potentiel se fixe à 0,50 volt. L'équilibre est atteint lentement; les additions successives de réducteur sont faites toutes les heures.

La courbe du potentiel (*fig.* 1) en fonction du nombre d'équivalents de

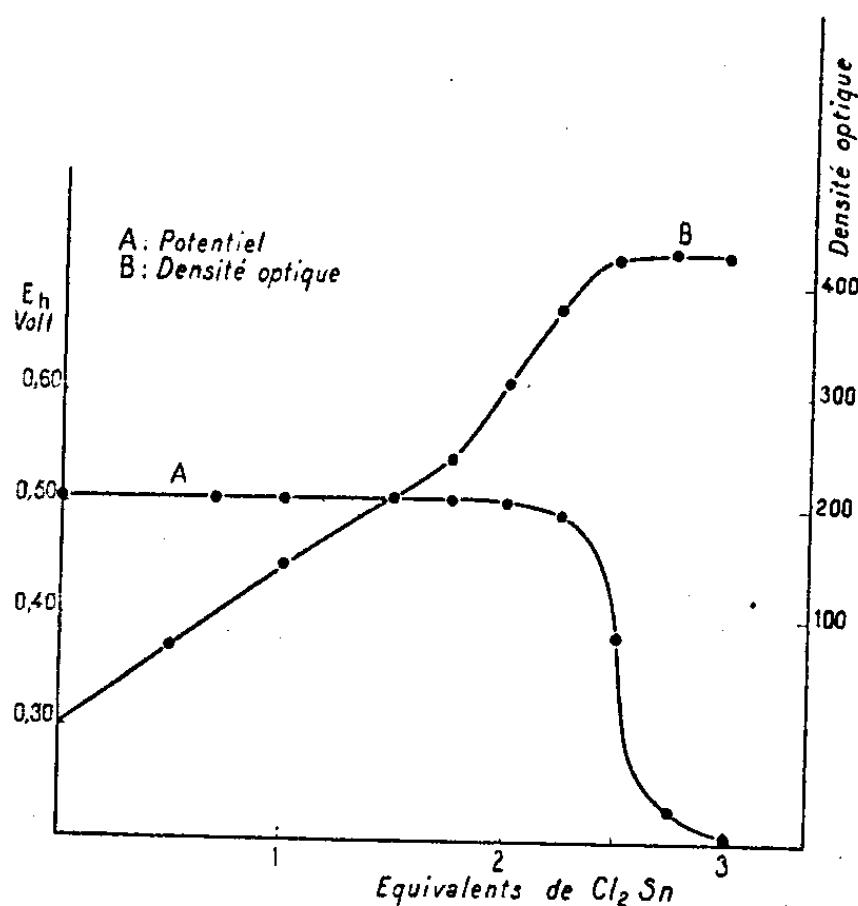


Fig. 1.

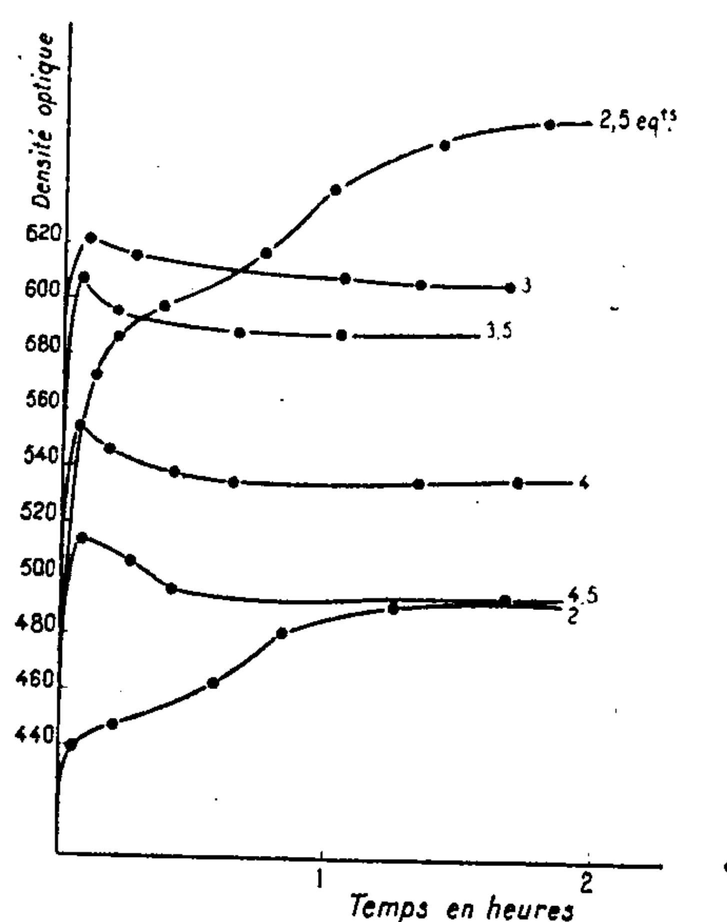


Fig. 2.

chlorure stanneux présente un palier suivi d'une chute après 2,5 équivalents.

Je n'ai observé ni odeur d'hydrogène sulfuré, ni précipité de sulfure : il n'y a donc pas eu réduction du thiocyanate par le chlorure stanneux. Les 2,5 équivalents de ce dernier ont été utilisés à la seule réduction du rhénium VII.

Quand l'acidité du milieu croît (HCl 4N, HCl 10N) la quantité de chlorure stanneux consommé diminue et il se dépose un peu de soufre : les vitesses de réaction augmentant avec l'acidité, l'action réductrice du thiocyanate s'ajoute alors à celle du chlorure stanneux dont le nombre d'équivalents utilisés n'est plus significatif.

2° *Par la méthode colorimétrique.* — D'après les résultats précédents, le complexe rouge est formé quantitativement après addition de 2,5 équivalents de

réducteur. L'intensité de sa coloration doit alors atteindre un maximum. C'est ce que j'ai vérifié de la façon suivante :

a. A des prises d'essai identiques d'un mélange rhénium VII + thiocyanate, j'ai ajouté 1, 1,5, 2, ... 4, 4,5 équivalents de chlorure stanneux. Le volume total et l'acidité (HCl N) sont maintenus constants. Les solutions colorées sont portées au colorimètre Bonnet-Maury à cellules photoélectriques. La densité optique est suivie en fonction du temps. Les courbes (*fig.* 2) montrent qu'elle présente un maximum pour 2,5 équivalents de réducteur.

b. J'ai repris la réduction potentiométrique correspondant à la courbe A. Une heure après chaque addition de chlorure stanneux, deux gouttes de la solution à l'équilibre sont prélevées et portées dans 1^{cm^3} d'acide chlorhydrique placé dans la cuve colorimétrique. Ainsi potentiel et coloration sont contrôlés en même temps. La courbe montre que le maximum de l'intensité de coloration correspond bien à la chute de potentiel pour 2,5 équivalents de réducteur (*fig.* 1).

D'après ces résultats, le complexe rouge semble être une combinaison en proportions plus ou moins simples de Re V et de Re IV, la valence globale du rhénium étant très voisine de 4,5.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quelques réactions des chloro-1 cyclènes.* Note [1] de MM. **Max Mousseron, François Winternitz** et **Robert Jacquier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les chloro-1 cyclènes sont obtenus par action du pentachlorure de phosphore sur les cétones correspondantes.

Chloro-1 cyclohexène [2], $É_{760}$ 143-4°; d_{20}^{20} 1,020; n_D^{20} 1,4797. Abandonné à l'air, le chloro-1 cyclohexène, par autoxydation spontanée, perd de l'acide chlorhydrique et laisse déposer des cristaux d'acide adipique [3].

Méthyl-1 chloro-2 cyclohexène-1, $É_{16}$ 57°; d_{20}^{20} 0,996; n_D^{20} 1,4725. La carbonatation du magnésien correspondant nous a conduits à l'acide méthyl-1 cyclohexène-1 carboxylique-2 F 88°, ce qui fixe l'emplacement de la double liaison.

Méthyl-1 chloro-3 cyclohexène-3 connu sous la forme racémique [4], $É_{20}$ 55°; d_{20}^{20} 1,003; n_D^{20} 1,4727; $(\alpha)_{546}$ + 100°,25; $\alpha_{546}/\alpha_{579}$ 1,138. L'hydrogénation par le sodium et l'alcool amylique donne le méthyl-1 cyclohexène-3, caractérisé par son oxydation permanganique en acide β-méthyladipique. L'hydrogénation catalytique au noir de palladium et en présence d'alcool méthylique ne permet pas d'isoler le méthyl-1 chloro-3 cyclohexane; on obtient en effet un mélange de méthylcyclohexane et de méthylchlorocyclohexène non hydrogéné. Le nickel Raney en milieu alcoolique conduit à un résultat identique.

---

(1) Séance du 24 juin 1946.

(2) W. Markownikoff, *Ann. der Chem.*, 302, 1898, p. 11.

(3) C. Paquot, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 12, 1945, p. 120.

(4) A. Klages, *Ber. d. chem. Ges.*, 32, 1899, p. 2568.

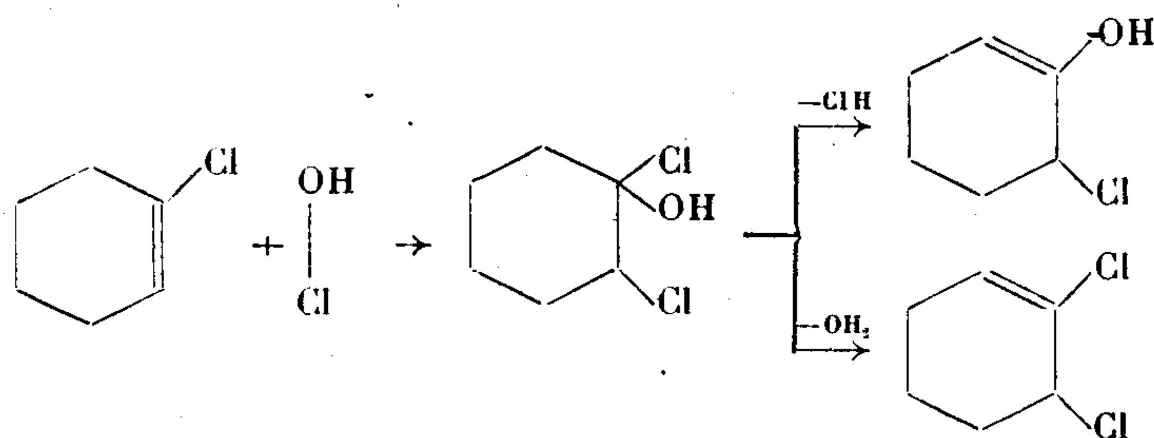
Étude de l'hydrolyse. — Les chloro-cyclènes précédents ont été chauffés trois jours en tube scellé à 90° et le taux de chlore arraché a été déterminé par argentimétrie. Alors que celui-ci ne dépasse pas 10 % pour le méthyl-1 chloro-3 cyclohexène-3, il est de 30 % pour le chloro-1 cyclohexène et atteint 75 % pour le méthyl-1 chloro-2 cyclohexène-1. Notons en passant l'influence prépondérante de l'emplacement du groupe méthyle sur la réaction d'hydrolyse.

Addition de l'acide bromhydrique. — Par chauffage à 100° une dizaine d'heures du chloro-1 cyclohexène avec de l'acide bromhydrique à 60° B., nous avons isolé le chloro-1 bromo-2 cyclohexane $É_{15}$ 85-7°. L'addition est donc *anormale*, alors qu'elle est *normale* dans le cas du méthyl-1 cyclohexène (5).

Par action de l'acétate d'argent et saponification du diacétate obtenu, nous avons caractérisé le cyclohexanediol-1.2 *trans* ne donnant pas de combinaison acétonique. Le chloro-1 bromo-2 cyclohexane obtenu est donc l'isomère *trans*, déjà connu (6). Il est par conséquent nécessaire d'admettre, soit qu'il s'est produit une *cis*-addition de l'acide bromhydrique, soit que la *trans*-addition a été suivie d'une inversion de Walden.

Addition de l'acide hypochloreux. — L'addition de l'acide hypochloreux sur le chloro-1 cyclohexène nous a conduits principalement à la chloro-2 cyclohexanone. Celle-ci ayant été éliminée par sa combinaison bisulfitique, nous avons isolé, avec un rendement de 20 %, un produit $É_{15}$ 82-4°; d_{25}^{25} 1,226; n_D^{25} 1,5098, qui pouvait être, soit le dichloro-1.2 cyclohexène-1 déjà connu (7), soit le dichloro-1.2 cyclohexène-2. Dans ce dernier cas, l'un des atomes de chlore devait se laisser aisément arracher et effectivement, nous avons obtenu, par action du méthylate de sodium, le méthoxy-1 chloro-2 cyclohexène-2, $É_{13}$ 50°; d_{25}^{25} 1,079; n_D^{25} 1,4814.

Conformément à la théorie des polarités, la réaction peut se schématiser :



Le rendement de l'addition sur le méthyl-1 chloro-2 cyclohexène-1 ne dépasse pas 5 %.

Quant au méthyl-1 chloro-3 cyclohexène-3, il nous a donné un mélange de méthyl-5 chloro-2 cyclohexanone et de méthyl-6 dichloro-2.3 cyclohexène-1.

(5) IPATJEW, *Ber. d. chem. Ges.*, 45, 1912, p. 3217.

(6) M. MOUSSERON et R. GRANGER, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 24.

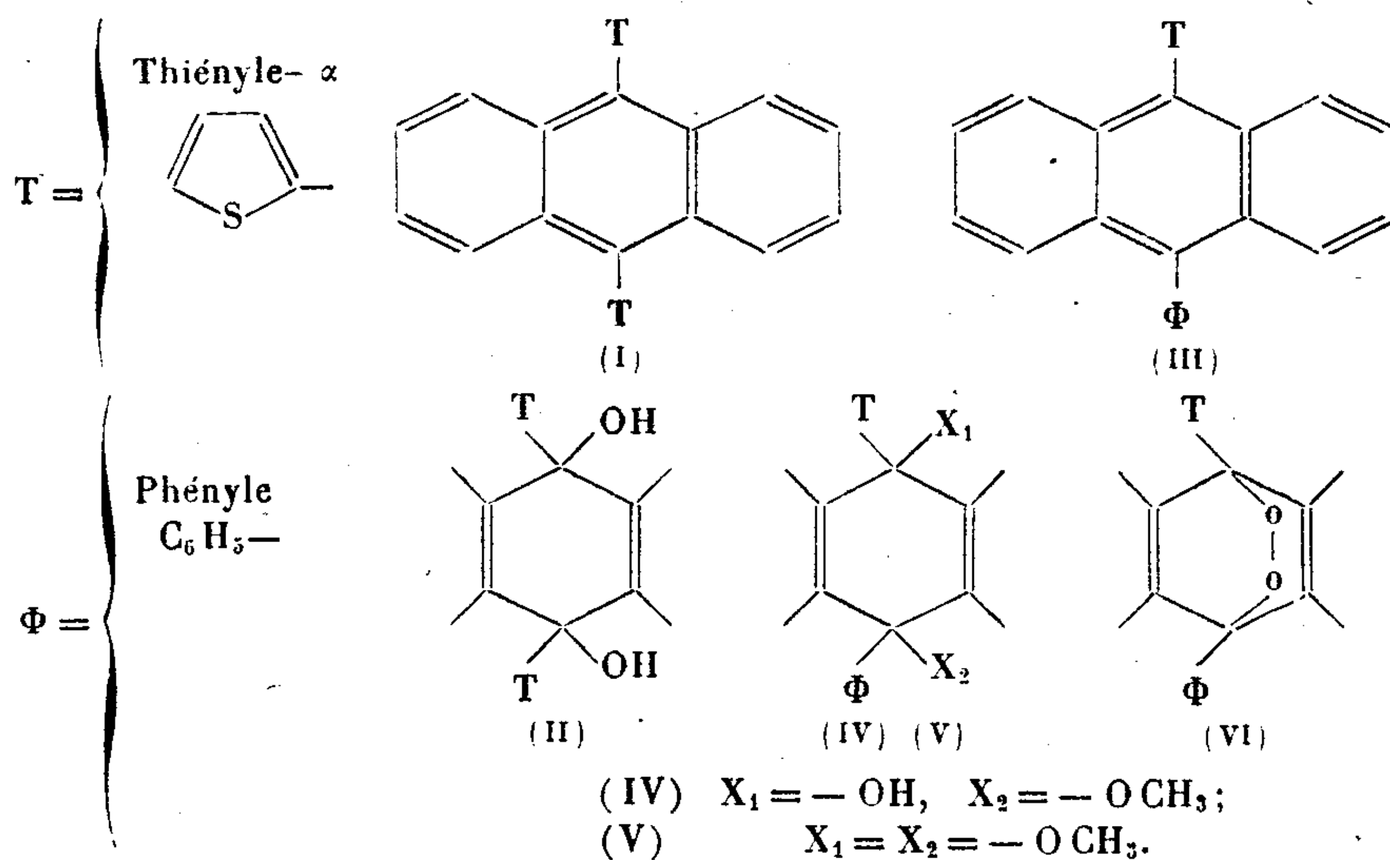
(7) D. V. TISCHENKO, *Chem. Abstr.*, 33, 1939, p. 4190.

Traité par le méthylate de sodium, ce mélange brut nous a conduits, d'une part, par une réaction de Faworsky ([8]), à l'ester méthylique de l'acide méthyl-3 cyclopentanecarboxylique, d'autre part, au méthyl-6 méthoxy-3 chloro-2 cyclohexène-1 E_{25} 86°; d_{20}^{20} 1,062; n_D^{20} 1,4808.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'union labile de l'oxygène au carbone. Cas des dérivés mésothiénylés-α de l'anthracène.* Note de M. **André Étienne**, transmise par M. Marcel Delépine.

On a voulu voir si la propriété de l'union labile de l'oxygène au carbone se conservait chez d'autres dérivés anthracéniques mésosubstitués par des hétérocycles à caractère aromatique. Parmi ces hétérocycles on a choisi d'abord le thiophène, lequel est considéré, d'après son énergie de résonance, comme moins aromatique que le benzène, mais reste encore d'une stabilité comparable.

On a d'abord voulu substituer les deux aryles du mésodiphénylanthracène par deux restes thiényles-α pour obtenir le dithiényl (α)-9.10 anthracène (I) $C_{22}H_{14}S_2$. Ce corps est préparé facilement par réduction du diquinol, le dithiényl-9.10 dihydroxy-9.10 dihydro-9.10 anthracène (II), $C_{22}H_{16}O_2S_2$, octaèdres incolores, F 218°, obtenu lui-même par action de l'iodure de thiényl (α) magnésium sur l'anthraquinone. Sublimé, il se présente en losanges jaunes, F 244°. Son irradiation en solution sulfocarbonique donne lentement un produit incolore très instable que l'on peut considérer avec vraisemblance comme un photooxyde; cependant ce dernier n'a pu être entrevu sous forme cristalline que par évaporation d'une de ses solutions et il se résinifie trop rapidement pour être isolé à l'état pur.



([8]) A. Faworsky et W. Boshowsky, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 36, 1924, p. 1733.

Faute de pouvoir étudier sa décomposition on a cherché à obtenir un photooxyde de structure plus stable, par exemple en ne substituant qu'un phényle du diphénylanthracène par un reste thiényle (α), ce qui revient à préparer le phényl-9 thiényl (α) 10 anthracène (III).

Pour cela on procède de la façon suivante. La réaction de l'iodure de thiényl (α) magnésium sur la phényl-9 méthoxy-9 anthrone-10 donne deux corps incolores, séparables par leur différence de solubilité dans le benzène et l'acétone, l'un se présentant en losanges F 193°, l'autre en aiguilles prismatiques F 212°; ces deux produits ont la même composition centésimale correspondant à la formule du phényl-9 thiényl-10 méthoxy-9 hydroxy-10 dihydro-9. 10 anthracène (IV), $C_{25}H_{20}O_2S$, et doivent être considérés comme les deux isomères *cis* et *trans*. En effet, traités par l'alcool méthylique à l'ébullition en présence de très peu d'acide chlorhydrique, ils donnent un seul produit le phényl-9 thiényl-10 diméthoxy-9. 10 anthracène (V) $C_{26}H_{22}O_2S$, aiguilles incolores F 284°. D'autre part, réduits l'un et l'autre par l'iodure de potassium et l'acide acétique ils se transforment en phényl-9 thiényl (α)-10 anthracène, $C_{24}H_{16}S$, prismes jaunes F 209°.

La photooxydation de ce dérivé mixte méso phénylé et thiénylé de l'anthracène se fait lentement dans le sulfure de carbone en donnant un photooxyde (VI) $C_{24}H_{16}O_2S$ aiguilles incolores, F inst. 211-215°. Celui-ci, chauffé, libère lentement à 150° plus de 95 % d'oxygène en redonnant le produit initial. Sa décomposition se fait donc avec un rendement égal à celui obtenu lors de la décomposition du mésodiphénylanthracène et elle est même plus facile puisqu'elle a lieu à une température inférieure (150° au lieu de 180°).

Par comparaison avec les résultats déjà obtenus par Willemart [1] sur les mésoalcoylphénylanthracènes analogues, pour lesquels les photooxydes se décomposaient en donnant peu d'oxygène, on voit qu'une haute labilité de l'oxygène ne se conserve que chez les corps dont les deux méso substituants sont aromatiques. Il n'est pas interdit de penser alors que l'on puisse arriver, d'après la facilité du départ de l'oxygène des photooxydes, à trouver une classification des aromaticités relatives des substituants, basée sur un attribut d'un autre ordre que ceux qui sont admis généralement pour définir le caractère aromatique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure du radical carbonyle dans les chlorures d'acides.* Note [1] de MM. **Charles Mentzer** et **Adolphe Pacault**, transmise par M. Paul Pascal.

Le plus souvent les chlorures d'acides trouvent leur place avec les acides

---

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1372.

(1) Séance du 17 juin 1946.

dans l'étude des composés organiques, mais des critères physiques seraient favorables à leur rapprochement des cétones.

La magnétochimie montre en effet que le groupe C=O des chlorures d'acides est analogue à celui des cétones ou des aldéhydes, et sans rapport avec celui des acides et des esters. Pascal ([2]) a montré en effet que la contribution magnétique moléculaire de l'oxygène des aldéhydes, des cétones et des chlorures d'acides est de $+1,72.10^{-6}$, alors que le groupement O_2 des acides intervient pour $-7,95.10^{-6}$. Nous l'avons vérifié sur un certain nombre de chlorures d'acides, le corps de référence étant l'eau ($K_t = -0,72.10^{-6}$).

Dans le tableau suivant sont données les susceptibilités mesurées et calculées par la systématique de Pascal. L'excellente correspondance observée précise de manière indiscutable la nature de la liaison C=O. La dépréciation diamagnétique dans $CH_2ClCOCl$ est due à la contrainte mutuelle des deux atomes de chlore [Pascal ([2])]. Le spectre infrarouge ([3]) dans la région 3-8$^{\mu}$ donne des renseignements identiques : de toutes les bandes indiquées dans le tableau, seule la bande de $5^{\mu},80$ est commune. Elle est généralement très intense et

	$-K.10^6$ mesuré.	$K.10^6$ calculé.	Infrarouge (en μ).	
CH_3COCl	38,9/38,7 ([4])	39,2	3,33/3,84	**5,78**
CH_3-CH_2-COCl	51,0	51,0	3,40/3,79	**5,78**
$(CH_3)_2CH-COCl$	63,9	64,2	3,47/5,54	**5,82**
$(C_2H_5)_2CH-COCl$	87,2	87,9	3,47/5,51	**5,82**
$C_6H_5-CH_2-COCl$	88,5	88,8	3,33/5,56	**5,82**
$CH_2Cl-COCl$	53,3	56,3	3,47/5,11/5,47	**5,85**

caractéristique des chlorures d'acides; or on la retrouve dans les cétones et les acides. Mais, alors que dans les acides la raie caractéristique est à $6^{\mu},06$ ($1650\ cm^{-1}$), on retrouve dans les cétones une raie caractéristique à $5^{\mu},84$ ($1710\ cm^{-1}$). Les chlorures d'acides se rapprochent des cétones.

A ces critères numériques indiscutables viennent s'ajouter les données qualitatives, très symptomatiques, de certaines réactions chimiques.

L'un de nous, en collaboration avec Dat Xuong ([5]), vient de montrer que les chlorures d'acides peuvent donner avec les éthers phénoliques des éthyléniques de formule $(Ar_2)C=CRR'$, Ar étant un radical éther phénolique, R et R' pouvant être soit H, soit un radical alcoyle. La technique utilisée est une variante de la synthèse des arylcétones selon Friedel et Crafts. Pour expliquer une telle réaction, nous avons d'abord pensé que la cétone aromatique formée dans un premier temps se condense ensuite avec une nouvelle molécule

---

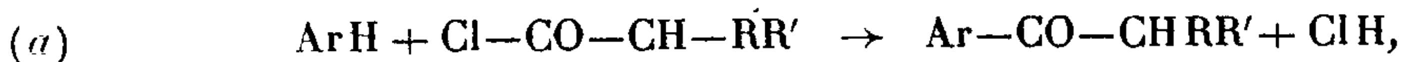
([2]) *Ann. de Chim. Phys.*, **19**, 1910, p. 5; **25**, 1912, p. 289; **29**, 1913, p. 119.

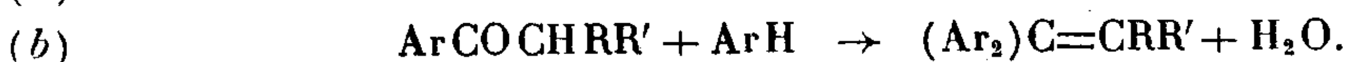
([3]) M. Lecomte nous a donné dans cette étude bien des facilités et des conseils.

([4]) *Comptes rendus*, **217**, 1944, p. 658; **218**, 1944, pp. 57 et 177.

([5]) MENTZER et DAT XUONG, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1004.

d'éther phénolique,

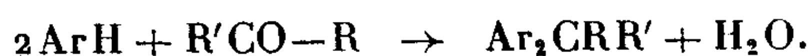

(a) $$ArH + Cl-CO-CH-RR' \rightarrow Ar-CO-CHRR' + ClH,$$


(b) $$ArCOCHRR' + ArH \rightarrow (Ar_2)C{=}CRR' + H_2O.$$

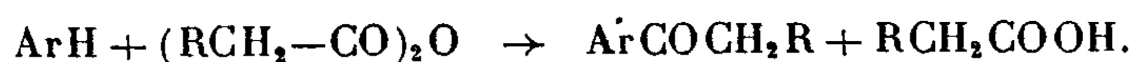
Cependant, en faisant agir l'anisol sur la cétone pure [réaction (*b*)], il n'est pas possible d'obtenir le dérivé éthylénique. Par contre des expériences inédites permettent d'admettre que deux molécules d'anisol se condensent simultanément avec une seule de chlorure d'acide,


$$2ArH + ClCO-CHR-R' \rightarrow Ar_2CCl-CHRR' \rightarrow Ar_2C{=}CRR' + ClH.$$

Le groupement CO des chlorures d'acides se comporte alors comme celui des aldhéhydes ou des cétones; la formation des diaryléthyléniques présente un certain nombre d'analogies avec la réaction de Bayer (condensation des aldéhydes ou cétones avec les aromatiques)


$$2ArH + R'CO-R \rightarrow Ar_2CRR' + H_2O.$$

On a de bien meilleurs rendements quand le radical R est halogéné : ainsi le chloral et les cétones chlorées réagissent bien mieux que l'acétaldéhyde ou les cétones. De même, $CH_2ClCOCl$ et CCl_3COCl donnent naissance aux dérivés diarylés avec plus de facilité que CH_3COCl. Par contre les anhydrides d'acides condensés avec les éthers phénoliques aboutissent toujours uniquement aux cétones,


$$ArH + (RCH_2-CO)_2O \rightarrow ArCOCH_2R + RCH_2COOH.$$

L'absence de diaryl-éthyléniques démontre qu'au point de vue chimique, comme au point de vue diamagnétique, il existe des différences très nettes entre les groupements CO des anhydrides d'acides et des chlorures d'acides. Alors que le carbonyle de ces derniers peut parfois céder son oxygène comme un carbonyle aldéhydique ou cétonique, il n'en est pas de même du carbonyle des anhydrides d'acides et, à notre connaissance, ce sont là les premiers faits chimiques tout à fait conformes aux résultats des mesures diamagnétiques et des spectres infrarouges. Nous espérons que d'autres faits analogues pourront être mis en évidence à l'avenir et inciteront les chimistes à tenir compte de telles analogies, susceptibles parfois d'ouvrir des horizons intéressants.

MINÉRALOGIE. — *Composition minéralogique d'un minerai cuprifère récemment découvert à Langlade (Miquelon).* Note de Mlle **Simonne Caillère** et M. **François Kraut**.

Au cours d'une mission effectuée en 1940, M. E. Aubert de la Rüe (1) a exploré à Langlade, archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon, une zone minéralisée

(1) Exposé sur *La Géologie et les gîtes minéraux des Iles Saint-Pierre-et-Miquelon*, Saint-Pierre, 1941, 50 p.

cuprifère dont il a rapporté une série d'échantillons au laboratoire de Minéral logie du Muséum. Ces minerais proviennent de l'Anse aux Corbeaux, située sur la côte nord-est de l'île où six filons de quartz recoupent des basaltes écrasés.

L'examen microscopique en lumière polarisée réfléchie montre que dans ces minerais, les sulfures sont associés à l'hématite. La chalcocite blanche est le constituant essentiel; elle forme des agrégats grenus qui englobent des plages et de fines veinules de sa variété bleue. Dans ces agrégats, on rencontre également des inclusions jaune rosé qui représentent probablement un type de chalcocite contenant de la bornite en solution solide ([2]). L'attaque à l'acide nitrique concentré fait apparaître la structure grenue caractéristique de la chalcocite formée au-dessous de 91°.

L'érubescite violette accompagne d'ailleurs en proportions notables le sulfure Cu_2S. Très fréquemment les deux minéraux sont réunis dans une structure myrmékitique.

La chalcopyrite est très rare, elle apparaît sous la forme de petites inclusions dans la chalcocite.

Accidentellement, en contact avec la gangue, on trouve quelques agrégats lamellaires de covelline.

L'hématite est abondante, elle se présente en cristaux aciculaires, associés en gerbes, ou en grains arrondis dans la chalcocite ou au centre des associations graphiques. Par son haut relief elle se détache nettement des sulfures. Sa détermination présente quelques difficultés. En lumière naturelle, sa couleur est d'un blanc légèrement rosé et son pouvoir réflecteur moyen est celui de la chalcocite. Le minéral n'est pas polychroïque, mais il agit nettement sur la lumière polarisée entre nicols croisés et montre souvent des macles polysynthétiques. Cette particularité de structure est fréquente aussi dans le rutile, mais ce dernier est polychroïque et son pouvoir réflecteur est moins élevé. Cependant pour identifier l'oxyde avec plus de certitude, nous l'avons isolé sous le microscope. La poudre ainsi recueillie est de couleur rouge et l'analyse spectrale n'y révèle pas de titane. Le diagnostic microscopique se trouve ainsi confirmé.

Il est à noter que le spectre met en évidence en dehors du Cu, Fe, Si, Ca, les raies ultimes de l'argent, élément qui a déjà été décelé par l'analyse chimique ([1]). Cependant aucun minéral argentifère n'ayant été identifié au microscope, il faut bien admettre que le métal précieux se trouve à l'état dispersé dans les minéraux cuivreux.

La gangue du minerai est le quartz d'origine filonienne dans lequel on trouve en faible quantité de la calcite secondaire. Dans cette masse siliceuse les minéraux opaques s'orientent parfois suivant les plans réticulaires du quartz. De l'examen microscopique il ressort que l'oxyde de fer et les sulfures appartiennent à deux phases différentes de la minéralisation. L'hématite est

([2]) J. ORCEL, *Bull. Soc. fr. Min.*, 66, 1943, p. 435.

certainement le minéral le plus ancien. En effet elle forme des cristaux automorphes englobés par la chalcocite et par la gangue. Dans d'autres cas, elle est fortement corrodée et réduite à l'état de petits grains arrondis. Dans la seconde phase de la minéralisation, prennent naissance la chalcocite et la bornite. En résumé, le gîte de Langlade est constitué par des filons minéralisés dans lesquels on observe la succession normale d'une phase oxydée suivie par une venue sulfurée cuivreuse.

D'autre part la présence d'une chalcocite de basse température indique que les affleurements prospectés sont situés dans la zone de cémentation.

GÉNÉTIQUE. — *Sur le chimisme des étamines de Pavot. Différences entre lignées fertiles et lignées stériles.* Note de Mme **Cécile Sosa-Bourdouil**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Ayant à notre disposition des lignées bien suivies de *Papaver* [*P. somniferum* var. *Murselli* (1), *P. lateritium* C. Koch, *P. orientale l.* et sa forme plus récente *P. bracteatum* Lindl.] et un assez grand nombre de leurs hybrides (2), j'ai pu récolter le matériel nécessaire pour les analyses des anthères jeunes, en voie de développement, et mûres, sur le point de libérer leur pollen : c'est-à-dire qu'il suffit d'une légère dessiccation pour séparer les parois des anthères des grains de pollen. Nous donnerons seulement ici les résultats relatifs à ce dernier stade. Pour les types envisagés, les teneurs en azote et phosphore, rapportées à 100g de substance sèche, sont :

Teneur en.......	eau.	N.	P.	P/N.
P. Murselli.........	33,2	5,9	0,85	0,144
P. lateritium.......	29,3	5,27	0,82	0,156
P. orientale var.....	31,8	5,1	0,80	0,157

Les teneurs en azote et phosphore d'une part, et le rapport P/N de ces teneurs d'autre part, sont assez voisines pour marquer un équilibre de composition assez homogène, probablement commun aux autres types du genre *Papaver*. Ces données paraissent ne pas être en rapport avec le développement végétatif, ni avec la pérennité des organes. *P. Murselli* est annuel et parcourt son cycle complet en 4 mois. *P. lateritium* est une espèce vivace originaire du Caucase. *P. orientale* et *P. bracteatum* (ce dernier dont l'origine est discutée) sont fertiles et assez bien définis dans leurs caractères pour que les botanistes en aient fait de bonnes espèces.

L'examen des hybrides entre *P. orientale* et *bracteatum* d'une part, et *P. lateritium* d'autre part, a donné les chiffres suivants, pour les anthères mûres,

(1) L. Blaringhem, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 117.

(2) L. Blaringhem, *Bull. Soc. bot. Fr.*, **73**, 1926, pp. 353-356.

relatifs à la teneur en P et N (p. 100 de substance sèche) :

	A_2.	A_3.	B_8.	D_9.	D_{10}.	F_4.	F_9.
Teneur en N.......	4,54	3,35	4,22	3,66	4,94	3,69	5,04
» P........	0,79	0,46	0,5	0,66	0,68	0,57	0,66
» P/N.....	0,17	0,13	0,12	0,18	0,13	0,15	0,13

Le rapport P/N oscille autour de 0,15, chiffre obtenu pour les types, mais avec des écarts assez forts. Nous notons surtout une déficience, plus ou moins marquée, suivant le cas, en azote et phosphore par rapport aux types, en corrélation avec la quantité et la qualité des pollens contenus dans les anthères. En ce qui concerne la quantité, nous devions nous attendre en particulier à des compositions se rapprochant plus ou moins de celle des anthères vides. Si l'on sépare, par simple dessiccation, les parois des anthères du pollen, on obtient pour *P. orientale* :

Teneur en :	N.	P.	N/P.
Parois des anthères mûres...........	3,83	0,38	0,1
Pollen mûr........................	6,72	0,86	0,13

Ces déficiences en azote et en phosphore sont de l'ordre de celles que nous avons déjà signalées chez quelques hybrides de Digitales ([3]), et confirment le fait qu'il s'agit bien d'une déficience sexuelle, plutôt que d'une altération purement végétative.

D'autres données biochimiques, au contraire, ne paraissent nullement en rapport avec le phénomène, et nos essais relatifs à *l'activité de certaines glucidases* (saccharase, β-glucosidase) indiquent que ces diastases ne sont pas sensiblement altérées dans les étamines stériles :

Pour la saccharase on a fait agir $0^g,1$ d'anthères (poids frais) sur 5^{cm^3} d'une solution à 1 % de saccharose à 32°; au bout de 10 jours on constate la formation de sucre réducteur correspondant aux proportions suivantes de saccharose hydrolysé % :

P. orientale... 13,9 *P. lateritium*... 13,6 Hybrides.... 13,7; 13,5; 12,2

Chez les deux types les valeurs sont voisines et les hybrides conservent (aux erreurs d'expérience près) cette activité.

L'activité de la β-glucosidase a été trouvée différente chez les parents. Dans des conditions analogues aux précédentes, au bout de 9 jours 1/2 une solution de salicoside à 1 % donne les proportions suivantes de ce dernier β-glucoside hydrolysé % :

P. orientale.... 10,8 *P. lateritium*... 2,1 Hybrides...... 16,5 10,4 9,5

Les valeurs trouvées chez les hybrides se rapprochent de celles obtenues

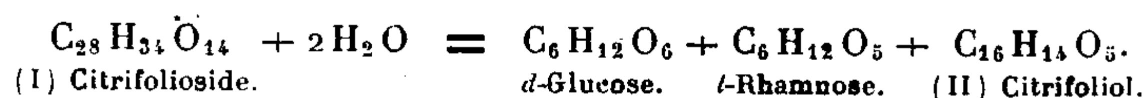
([3]) C. Sosa-Bourdouil, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 85, 1938, p. 584; fév. 1946.

chez le parent le plus actif et dominant *P. orientale*. Ce fait nous autorise à interpréter cette activité diastasique comme un caractère de lignée (il affecte principalement les parois des anthères) et il est transmis comme tel dans la descendance, indépendamment des altérations précédemment envisagées qui sont le propre d'une déficience physiologique en rapport direct avec le degré de fécondité.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Le* citrifolioside, *flavanonoside nouveau de* Citrus trifoliata *L.* Note de MM. **Antonio Sosa** et **Charles Sannié**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons signalé ([1]) la présence de principes hétérosidiques chez le *Citrus trifoliata*; nous étudions ici la constitution d'un glucoside nouveau que nous avons isolé à l'état pur. Il s'agit d'un flavanonoside, que nous désignerons sous le nom de *citrifolioside* (I). Celui-ci est un β-rhamnoglucoside d'une des rares flavanones naturelles optiquement actives isolées à ce jour, le *citrifoliol* (II) : ce dernier correspond à la *l*-dihydroxy-5.7 méthoxy-4′-flavanone (isosakuranétol gauche) ([2]).

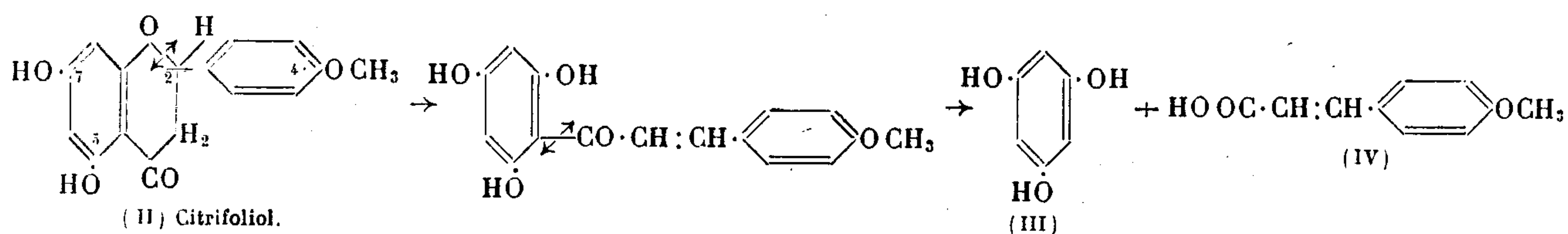
L'hétéroside (qui possède encore un HO phénolique libre dans sa molécule) est hydrolysé par SO_4H_2 à 6 % selon l'équation



$$\underset{\text{(I) Citrifolioside.}}{C_{28}H_{34}O_{14}} + 2H_2O = \underset{d\text{-Glucose.}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{l\text{-Rhamnose.}}{C_6H_{12}O_5} + \underset{\text{(II) Citrifoliol.}}{C_{16}H_{14}O_5}.$$

Il est aussi dédoublé par l'émulsine et la rhamnodiastase mais très lentement : on aboutit à la même aglycone. Le groupe sucré est un bioside (probablement le rutinose ou β-rhamnosido-6-glucose) qui est fixé en position 5 ou 7. Quant à l'activité optique du citrifoliol elle est due au C asymétrique 2.

La structure de l'aglycone nous a été fournie par la dégradation alcaline dans laquelle il se produit du phloroglucinol (III) et de l'acide *p*-méthoxycinnamique (IV); ces faits conduisent donc à assigner aux deux HO les positions 5.7 et au CH_3O la position 4′. La réaction passe probablement par un stade intermédiaire chalconique :



(II) Citrifoliol. (III) (IV)

Outre la glucosazone (V) et la rhamnosazone (VI) nous avons préparé

([1]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 26, 1945, p. 457.

([2]) L'isosakuranétol de Shinoda et Sato correspond probablement au racémique.

l'heptacétylcitrifolioside (VII), le diacétyl (VIII) et le monobenzoyl-citrifoliol (IX).

Citrifolioside (I) $C_{28}H_{34}O_{14} = C_{12}H_{15}O_3(OH)_6.O.C_{15}H_9(OH)(OCH_3)$.

Extraction. — Au cours de la maturation la teneur en glucoside diminue; il faut donc traiter les fruits verts dont le poids moyen ne dépasse pas 5g. La partie externe enlevée, l'albedo et la pulpe sont traités séparément par C_2H_5OH. L'extrait alcoolique concentré laisse un résidu aqueux, qui est lavé encore tiède à l'éther. Le citrifolioside se dépose dans la phase aqueuse; il est recristallisé dans H_2O et dans CH_3OH. Rendement en produit pur 0,7 % chez l'albedo et 1,7 % dans la pulpe.

Propriétés. — Purifié dans CH_3OH, le glucoside se présente en belles aiguilles incolores; dans l'eau il cristallise avec $6H_2O$. Le citrifolioside est amer, et ne réduit pas la liqueur de Fehling. Il fond à 198° (3); $[\alpha]_D^{18} = -90°$ dans C_2H_5OH à 50c; indice de réduction acide 262. Soluble à froid dans l'alcool, l'acide acétique (4), la pyridine, l'alcool faible et les alcalis; moins dans l'eau, l'alcool fort et l'acétone mais faiblement à chaud. Réactions colorées : avec les acides conc., rouge (SO_4H_2), jaune (ClH) ou bleu-noir (NO_3H); avec les bases, jaune (NaOH) (4) et orange (NH_4OH); violet (Cl_3Fe) et rose violacé ($SO_4H_2 + NO_2K$); par réduction avec Mg + ClH (5) ou avec amalgame de sodium + ClH, rouge violacé.

Analyse. — % Trouvé, C 56,25; H 5,75, P. M. 607, CH_3O 5,0, HO 19,9; calculé, C 56,56, H 5,76, P. M. 594,5, CH_3O 5,2, HO 20,2.

Heptacétylcitrifolioside (VII) $C_{42}H_{48}O_{21}$: préparé avec $(CH_3.CO)_2O$ + pyridine à 100°; cristaux incolores, F 134° (acétyle %, tr. 34,3, calc. 33,9).

Hydrolyse. — 1g de citrifolioside est chauffé avec 100cm³ de SO_4H_2 à 6 % pendant 6 heures sur b.-m. On agite ensuite à l'éther pour séparer l'aglycone, puis dans une partie de la solution aqueuse on détermine $[\alpha]_D$ et le pouvoir réducteur P. R.; % tr., aglycone 50, P. R. 56,3; calc., aglycone 48,1, P. R. 57,9; $[\alpha]_D$ tr. = + 32°, calc. pour 1mol glucose + 1mol rhamnose + 31°. A partir de la solution aqueuse restante, on a préparé deux osazones : la rhamnosazone (VI) crist. en oursins F 190° et la glucosazone (V) crist. en balais F 230°.

Citrifoliol (II) $C_{16}H_{14}O_5$. — De l'extrait éthéré après hydrolyse, on obtient l'aglycone que l'on recristallise dans C_2H_5OH à 70°. Il se présente en prismes presque incolores F 190°, lévogyres $[\alpha]_D^{20} = -19°,7$ (C_2H_5OH abs.) et ne réduisant pas la liq. de Fehling. Il se dissout bien dans l'éther, l'alcool fort, l'acétone et les alcalis; presque insoluble dans H_2O. Les réactions au Cl_3Fe, à la soude et de réduction sont semblables à celles de l'hétéroside.

(3) Tous les points de fusion ici indiqués ont été pris au bloc de Maquenne (fus. inst.).

(4) Cette propriété différencie le citrifolioside des sphérocristaux de Penzig (désignés sous le nom d'*ægline*) qui sont insolubles dans l'acide acétique et ne donnent pas de coloration jaune à la soude.

(5) Cette réaction est donnée également par le citrifoliol et ses dérivés.

Analyse. — % Tr., C 66,97, H 4,93, P. M. 291, CH_3O 10,7, HO 12,2; calc., C 67,13, H 4,93, P. M. 286,2, CH_3O 10,8, HO 11,8.

Dérivés. — Le *diacétylcitrifoliol* (VIII) $C_{20}H_{18}O_7$ se forme par $(CH_3CO)_2O$ + pyridine à 100° ou à froid : aiguilles incolores F 119° (pas de coloration avec Cl_3Fe); % tr., C 64,92, H 5,0, acétyle 25; calc., C 64,86, H 4,9, acétyle 23,3. *Monobenzoylcitrifoliol* (IX) $C_{23}H_{18}O_6$. Préparé à froid par chlorure de benzoyle + pyridine : aiguilles incolores F 149° donnant une couleur violacée avec Cl_3Fe; % tr., C 70,4, H 4,62; calc., C 70,7, H 4,64.

Fusion alcaline. — 0g,2 d'aglycone sont chauffés pendant 5 minutes à 250°-300° avec 3g de KOH + 1cm³,5 d'eau. On isole par la suite un phénol, le *phloroglucinol* (III) F 220° (réactions typiques positives) et un acide, l'*acide p-méthoxycinnamique* (IV) F 172° : % tr., C 67,0, H 5,57, CH_3O 16,7; calc., C 67,4, H 5,65, CH_3O 16,7.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Propriétés antioxygènes des caroténoïdes et de leurs dérivés.* Note (1) de M. **Armand Hérisset**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Les cellules végétatives des *Trentepohlia* Mart. et de nombreux kystes de Chlorophycées renferment de l'hématochrome, dissous dans des gouttelettes lipidiques. Il est classique de considérer le pigment caroténoïde comme un écran protecteur de la chlorophylle, absorbant les rayons de petite longueur d'onde du spectre; j'ai montré (2) que ce complexe se présentait comme une substance de réserve. Le lipide pouvant seul remplir cette fonction, quel est le rôle de l'hématochrome ? La localisation fréquente des caroténoïdes dans les tissus de réserve laisse à penser que ces pigments doivent remplir une fonction générale, et, grâce à leur pouvoir réducteur élevé, qu'ils doivent jouer un rôle dans la conservation du lipide ou de la substance de réserve à laquelle ils sont associés. J'ai donc cherché à mettre en évidence les propriétés antioxygènes de l'hématochrome des Algues, du carotène de la Carotte, de l'axérophtol (vitamine A).

Le premier de ces pigments a été extrait de *Trentepohlia* et purifié; les deux autres m'ont été fournis, à l'état pur, par le commerce. Pour caractériser cette fonction, je me suis adressé au réactif le plus sensible : le réactif biologique. On sait que les Champignons sécrètent des ferments oxydo-réducteurs; ceux-là oxydent les phénols en les colorant, ceux-ci provoquent une décoloration plus ou moins avancée du bleu de méthylène. *Un antioxygène retarde les réactions d'oxydation et, par contre, accélère les réactions de réduction.* Ayant étudié plusieurs moisissures, j'ai pu constater que le *Mucor Rouxii* Welm sécrète des oxydases quand on le cultive sur le milieu suivant, ajusté à pH 8,1 : eau 1000, glucose 30g, $PO_4(NH_4)_2H$ 1g, NO_3NH_4 1g, SO_4K_2 0g,40, SO_4Mg

(1) Séance du 24 juin 1946.

(2) *Comptes rendus*, **221**, 1945, pp. 707-708.

$7H_2O$ 0g,20, $SO_4Fe.SO_4(NH_4)$ 2g, $6H_2O$ 0g,10, $SO_4Zn.7H_2O$ 0g,04, $SO_4Mn.7H_2O$ 0g,05, $SO_4Cu.5H_2O$ 0g,02, gélose 25g.

J'ajoute une goutte de solution de gaïacol à 1 % par 5$^{cm^3}$ de milieu, qui sera refroidi en position inclinée. La difficulté vient du fait que les caroténoïdes ne sont facilement solubles que dans les lipides : j'ajoute la solution huileuse peu avant la solidification du milieu et j'agite énergiquement de façon à bien émulsionner le mélange. Les tubes-témoins doivent être agités de la même manière, car cette opération introduit de l'air dans la masse et il est nécessaire d'opérer dans des conditions identiques (surtout en ce qui concerne l'oxygène). Je prépare un nombre égal de tubes-témoins, et de tubes renfermant 1/2500 de carotène, ou 1/2500 d'hématochrome, ou 1 goutte d'une solution d'axérophtol à 1/120000 par gramme. Ces tubes sont répartis en 2 séries identiques placées, l'une à la lumière, l'autre à l'obscurité, la température étant dans les 2 cas de 25°.

Au bout de 3 *à* 4 *jours*, la gélose des témoins se colore en rouge, à l'obscurité comme à la lumière. Dans les jours qui suivent, la coloration augmente, puis diminue peu à peu (peut-être un peu plus rapidement dans les cultures exposées à une grande lumière). Pendant ce temps, les tubes contenant les caroténoïdes restent incolores, ou parfois se colorent très légèrement en rose, mais cette *faible* coloration est plus tardive et disparaît très rapidement. Je crois d'ailleurs qu'elle se produit dans les tubes où la solution huileuse est moins bien émulsionnée.

Les substances étudiées empêchent donc complètement les catalyses oxydantes provoquées par le Champignon, ou, tout au moins, les rendent légères et fugaces.

Si, parmi les espèces utilisées, le *M. Rouxii* possède à peu près seul la propriété de sécréter des oxydases d'une manière régulière et constante, il n'en est pas de même en ce qui concerne les ferments réducteurs : toutes les souches en produisent abondamment. Je me suis donc adressé au *Mucor mucedo* L., qui se développe facilement et rapidement. Le Champignon est cultivé sur milieu de Sabouraud gélosé et ajusté à un pH de 8.

J'ajoute une goutte de solution de bleu de méthylène à 0,50 % par tube de milieu qui sera refroidi en position verticale; la moisissure est ensemencée en profondeur. Les caroténoïdes sont employés aux doses indiquées dans le premier essai et ajoutés en prenant des précautions identiques. Deux séries parallèles sont préparées et placées l'une à la lumière, l'autre à l'obscurité.

Après 24 *heures de culture*, les tubes renfermant de la vitamine commencent à se décolorer dans la partie inférieure (à la lumière et à l'obscurité).

Au bout de 36 *heures de culture*, je puis dresser le tableau suivant :

Témoins.	Carotène.	Hématochrome.	Vitamine A.
		Lumière.	
Les tubes n'ont pratiquement pas bougé.	Tubes décolorés dans la 1/2 supérieure, verts au-dessous.	Tubes décolorés dans les 3/4 inférieurs et verts dans le 1/4 supérieur.	Tubes décolorés sur presque toute la hauteur.
		Obscurité.	
id.	id.	Décoloration un peu moins avancée que dans les tubes identiques placés à la lumière.	id.

Après 2 jours de culture, les témoins commencent à se décolorer dans la partie inférieure. En général, les tubes évoluent brusquement vers un stade de réduction plus ou moins avancé et ultérieurement la coloration varie peu.

Au bout de 10 jours de culture, la situation est la suivante :

Témoins.	Carotène.	Hématochrome.	Vitamine A.
		Lumière.	
Tubes bleus en surface, vert ± clair dans le reste du tube.	Tubes décolorés dans la 1/2 supérieure, vert clair au-dessous.	*La plupart* des tubes entièrement décolorés, q. q.-uns légèrement verts en surface.	Tous les tubes sont entièrement décolorés.
		Obscurité.	
id.	id.	*Nombreux* tubes entièrement décolorés, les autres presque entièrement décolorés : ils présentent seulement q. q. petits îlots vert clair.	id.

Les propriétés antioxygènes des caroténoïdes étudiés se traduisent par une décoloration plus rapide et *complète* (jamais observée chez les témoins).

L'hématochrome et l'axérophtol sont de puissants antioxygènes; le carotène utilisé est un peu moins actif. L'action des 2 derniers est identique à la lumière et à l'obscurité; celle du premier semble un peu plus élevée à la lumière : dans les conditions naturelles, c'est la seule des 3 substances étudiées qui se situe dans des cellules exposées à la lumière.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur la croissance relative des membres chez les Ruminants.* Note (1) de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

La croissance en longueur des divers segments squelettiques des membres antérieur et postérieur a été étudiée sur des séries de fœtus de Veau et de Mouton. Les relations d'allométrie entre les membres et le reste du corps sont mises en évidence en portant en ordonnées les logarithmes des longueurs mesurées et en abscisses les logarithmes de la racine cubique des poids des fœtus. On obtiendrait des résultats analogues en prenant, comme terme de comparaison, la longueur de la région dorsale de la colonne vertébrale.

Durant la vie fœtale, tous les cœfficients d'allométrie (α) restent supérieurs à l'unité : les membres s'allongent relativement au tronc. A partir de la naissance, au contraire, les membres subiront un raccourcissement relatif.

La comparaison des coefficients d'allométrie des divers segments des membres montre que, durant toute la vie fœtale, l'activité de l'allongement est maxima dans l'os canon et s'abaisse régulièrement à partir de ce *centre de croissance* en direction distale (phalanges) comme en direction proximale

(1) Séance du 17 juin 1946.

(radius ou tibia; humérus ou fémur; omoplate ou bassin), pour présenter sa valeur minima dans les ceintures. Durant la croissance post-natale, au contraire, les coefficients d'allométrie se rangent dans un ordre exactement inverse, les valeurs minima s'observant pour les métapodiaux. Le *passage de l'allométrie majorante à l'allométrie minorante*, au moment de la naissance, s'accompagne donc d'une *inversion totale du gradient de croissance* des membres, déjà soupçonnée par J. S. Huxley ([2]) et relevant sans doute d'une sensibilité différentielle des diverses régions au changement du milieu humoral.

L'étude précise de l'allongement allométrique des divers segments des membres au cours de la vie fœtale conduit à une subdivision en trois *étapes* de cette période de la croissance, identique à celle qui résulte de l'analyse de la croissance des diverses régions de la colonne vertébrale ([3]) :

1° La phase de *prise de forme* coïncide avec la première poussée et l'allongement des bourgeons des membres qui, à la fin de cette période, ont acquis leur structure morphologique caractéristique. Elle correspond à des coefficients d'allométrie très élevés (compris entre 1,5 et 2,2).

2° La seconde phase, ou phase *anhormonique*, est caractérisée par des coefficients d'allométrie beaucoup plus faibles pour tous les segments des membres dans les deux espèces.

3° La troisième phase, ou phase *hormonique*, est marquée par un regain d'activité dans l'élongation de tous les segments, avec des coefficients d'allométrie intermédiaire entre ceux des deux phases précédentes. Ainsi se manifeste la *sensibilité de l'appareil de croissance* des os longs à la modification du milieu humoral qui définit la phase hormonique par rapport à la précédente.

La comparaison des coefficients allométriques des segments correspondants du Veau et du Mouton, au cours des étapes homologues, montre des différences à l'avantage du Mouton, c'est-à-dire en sens inverse de celles qui ont été notées pour le squelette axial ([3]). Les divergences entre les deux espèces sont surtout marquées durant l'étape hormonique de la croissance fœtale ($\alpha = 1,32$ et $1,5$ pour le bassin et le canon postérieur du Veau; $\alpha = 1,41$ et $1,77$ pour les segments correspondants du Mouton), et elles se traduisent par des différences spécifiques dans les proportions des divers segments des membres à la naissance. Ainsi, la longueur du canon antérieur, égale à celle de l'omoplate chez l'Agneau, n'en représente que les 3/4 chez le Veau à la naissance, et cet allongement relatif des métapodiaux du Mouton s'effectue principalement durant l'étape hormonique. L'analyse biométrique de la croissance met ainsi en évidence l'*intervention des facteurs humoraux dans la réalisation des caractères spécifiques*.

([2]) J. S. Huxley, *Problems of relative growth*, London, 1932.

([3]) M. Abeloos, *Comptes rendus*, 222, 1946. p. 1459.

BIOLOGIE DES INSECTES. — *Sur la thermogénèse des Pœcilothermes.* Note de MM. **Léon Chambost** et **Édouard Calvet**, présentée par M. Émile Roubaud.

Nous avons entrepris une série de travaux sur la thermogénèse des Pœcilothermes au moyen du microcalorimètre de A. Tian. Pour être correctes les mesures de thermogénèse doivent comporter, à côté du dégagement de chaleur enregistrable par le calorimètre, la quantité de chaleur prélevée sur l'animal par la vaporisation de l'eau qu'il émet. Nous avons donc été conduits à mettre au point une méthode permettant de mesurer simultanément ces deux effets thermiques et d'obtenir par leur somme la puissance calorifique réellement produite par les phénomènes vitaux.

Principe de la méthode utilisée. — Nous avons placé dans la cellule du microcalorimètre, à faible distance l'un de l'autre, l'animal étudié et un tube absorbant contenant une solution aqueuse d'acide sulfurique de titre connu, fermé par un bouchon rodé formant robinet, pouvant être commandé de l'extérieur du calorimètre. L'animal, enfermé dans un petit sachet de tulle et amené à la température du calorimètre, était introduit dans la cellule après enregistrement du *zéro expérimental.* Le tube absorbant étant alors ouvert, l'état hygrométrique restait constant à l'intérieur de la cellule et la vapeur d'eau émise par l'animal était ainsi absorbée et évaluée ensuite par pesée.

L'effet thermique global enregistré (Q cal-g par heure) résulte de l'énergie produite par l'animal (X cal-g/h), de la chaleur due à la vaporisation de l'eau (V cal-g/h) et de la chaleur produite par la condensation et l'absorption de cette vapeur par la solution sulfurique (V′ cal-g/h). Or $V' = V + \varepsilon$, ε étant la chaleur dégagée par l'absorption de l'eau liquide par la solution sulfurique. ε a été calculé à partir de la chaleur de dilution différentielle des solutions sulfuriques déduites des tables de constantes. Donc $Q = X + \varepsilon$.

Application à Triatoma infestans (Klug, 1834). — Cet Hémiptère hématophage a été choisi en raison des particularités de sa biologie : il passe naturellement de longues périodes dans l'immobilité, ses repas sanguins sont aisément contrôlables et il ne produit aucune déjection, en dehors de celles qu'il émet immédiatement après ses repas.

Résultat des mesures. — Les résultats suivants sont relatifs à deux individus, toujours les mêmes, ayant un poids total de $0^g,53$ placés dans un volume d'air de 8^{cm^3}. La température du calorimètre est restée fixée à 17°C. Chaque expérience a duré deux jours environ.

Dans toutes nos expériences, l'enregistrement du débit calorifique a été remarquablement constant et nous avons retrouvé fidèlement les mêmes résultats dans les mêmes conditions expérimentales.

État hygrométrique e	0,98	0,83	0,36	0,05
Débit de chaleur enregistré Q cal-g/h	0,125	0,138	0,169	0,215
Quantité d'eau perdue p par les insectes (en mg par heure)	0,02	0,17	0,60	0,60
Quantité de chaleur V cal-g/h correspondant à la vaporisation de p mg d'eau	0,01	0,10	0,36	0,36
Valeur calculée de ε	–	0,0006	0,024	0,070
$X = Q - \varepsilon$	0,125	0,137	0,145	0,145

On constate que la perte d'eau par évaporation est d'abord proportionnelle à l'écart entre la tension de vapeur réelle, et la tension de vapeur saturante, puis elle reste sensiblement constante lorsque l'atmosphère devient très sèche. Un fait analogue a déjà été observé notamment chez *Cimex lectularius* et *Rhodnius prolixus* (1).

L'effet thermique X augmente d'abord légèrement avec la perte d'eau par les insectes, puis se stabilise en même temps que cette perte d'eau elle-même.

On remarquera qu'en atmosphère très sèche la perte de chaleur par vaporisation V devient plus grande que la production de chaleur X due aux insectes, de sorte que la température de ceux-ci devient inférieure à la température ambiante. La méthode que nous avons mise en œuvre présente l'avantage de déterminer correctement, dans tous les cas, la quantité de chaleur produite par l'insecte, même lorsque celle-ci est nettement inférieure aux pertes de chaleur par vaporisation.

Les résultats précédents sont relatifs à des insectes utilisés vingt jours après le repas sanguin. Dans d'autres expériences, effectuées immédiatement après le repas, nous avons constaté des valeurs plus grandes de X (rapport 1,6). De même nous avons opéré à différents stades du développement de l'insecte et nous avons constaté, pour les nymphes par exemple, des valeurs plus petites de X (rapport 0,54).

GÉNÉTIQUE. — *Réactivité spécifique à la prégnéninolone, chez* Lebistes reticulatus, *des gonades et des caractères sexuels somatiques. Conséquences pour l'analyse génétique.* Note (1) de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons montré que les femelles de *Lebistes reticulatus* réagissent à la prégnéninolone en développant des colorations variées, qui permettent de lire directement, au moins dans une certaine mesure, la constitution génétique

(1) K. Mellanby, *Parasitology*, 24, III, 1932, pp. 419-428; P. A. Buxton, *ibid.*, pp. 429-439.

(1) Séance du 12 juin 1946.

d'une femelle, ou d'un lot de femelles données. La lecture a une signification positive pour les caractères qui se manifestent.

Le traitement agit également sur les nageoires pelvienne, dorsale, anale. Celle-ci se développe en un gonopode. En revanche, le sexe n'est pas altéré. L'ovaire régresse considérablement, mais reste une gonade femelle.

Qu'arrive-t-il lorsqu'on cesse l'action hormonale?

25 femelles traitées par la prégnéninolone, à raison de 1^{mg} par litre d'eau, du 21 janvier 1946 au 28 mars 1946, ont développé, à partir du 4 février 1946, des colorations sur le corps. Entre le 16 et le 28 février 1946, les taches colorées se manifestent, puis rien n'apparaît plus de nouveau. Deux animaux sont morts, neuf sont autopsiés et l'état de régression ovarien vérifié. Le 28 mars 1946, les 14 femelles restantes sont placées dans de l'eau ordinaire avec des mâles. Au bout d'un mois, on observe que l'abdomen est gonflé et l'autopsie de trois femelles révèle que l'ovaire est redevenu fonctionnel et contient des œufs embryonnés (l'espèce est vivipare).

Le 14 mai 1946, c'est-à-dire un mois et demi après la cessation du traitement, une femelle isolée pond 10 alevins parfaitement normaux; deux autres femelles pondent 4 et 4 alevins dans les jours qui suivent. Comme la durée de développement de l'embryon est d'environ un mois, ceci montre qu'il a fallu une quinzaine de jours pour que l'ovaire se réorganise et mûrisse des œufs aptes à être fécondés.

Ces femelles ont cependant gardé les caractères somatiques mâles qu'elles ont développés précédemment (gonopodes, taches colorées). On a ainsi des animaux qui ont l'aspect de mâles, mais qui, physiologiquement, sont des femelles.

Cette expérience n'a pas seulement pour intérêt de montrer que la gonade et le soma ont des réactivités spécifiques et différentielles à une action androgène. Elle a surtout une conséquence pour la pratique de l'analyse génétique chez *Lebistes reticulatus*. On peut, considérant une femelle déterminée, lui permettre d'exprimer sa constitution génétique, puis, après masculinisation, la croiser avec un mâle donné afin d'étudier la descendance. Tout se passe alors comme si l'on croisait deux individus de constitution génétique déterminée, ce qu'on ne pouvait faire jusqu'alors. L'analyse génétique chez *Lebistes reticulatus* est ainsi simplifiée et plus directe.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'action protectrice de l'acide cyanhydrique à faible dose sur la catalase de certains parenchymes foliaires.* Note (1) de MM. **Gustave Drouineau** et **Pierre Gouny**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'altération à basse température de la catalase des suspensions de tissus

(1) Séance du 24 juin 1946.

végétaux broyés, en milieu convenablement tamponné au pH optimum, est surtout la conséquence de l'activité de divers enzymes se trouvant dans la suspension. La destruction enzymatique de la catalase fut d'abord attribuée par Bach et Zubkona (1922) ([2]) à diverses protéases; mais, en 1924, Stepphun ([3]) montra qu'elle est également liée à l'action des oxydases.

De grandes variations dans la rémanence de la catalase ont été observées. Alors que de nombreux auteurs ont signalé des pertes d'activité considérables des catalases végétales au bout de quelques heures, nous avons constaté la longévité très marquée de la catalase des préparations de tissus foliaires de *Prunus persicæ* ([4]). Par contre, dans le cas des suspensions préparées à partir de feuilles de *Solanum tuberosum*, la baisse d'activité catalasique est de l'ordre de 50 % en 24 heures à + 4°.

On peut donc se demander si l'acide cyanhydrique, résultant de l'hydrolyse des glucosides cyanogénétiques des feuilles de *Prunus persicæ*, n'aurait pas une action protectrice sur la catalase. Celle-ci résulterait du fait que l'action inhibitrice de l'acide cyanhydrique sur la catalase et sur les oxydases se manifesterait à partir de seuils différents.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons ajouté des quantités variables de cyanure de potassium à des suspensions de feuilles de *Solanum tuberosum*, de manière à réaliser des concentrations en acide cyanhydrique allant de $M.10^{-6}$ à $M.10^{-3}$. En 24 heures à + 4°, la perte d'activité, qui est de 50 % pour les témoins, est réduite à 25 % pour la concentration $M.10^{-4}$. Le brunissement dû à l'activité des tyrosinases est nettement moins marqué que dans les témoins. Avec les concentrations inférieures, il n'y a aucune protection sensible de la catalase, mais cependant un retard à la mélanisation perceptible jusqu'à $M.10^{-6}$. Avec des concentrations comprises entre $2\ M.10^{-4}$ et $6\ M.10^{-4}$, qui sont insuffisantes pour inhiber la catalase, la protection de celle-ci est totale. Il n'y a aucune perte d'activité de la catalase des feuilles de pommes de terre en 24 heures à + 4°. Il n'y a d'autre part aucune trace de mélanisation. Il est curieux de constater que la concentration protectrice est voisine de celle qui existe naturellement dans les préparations de feuilles de pêchers, dont la catalase est particulièrement stable. Nous indiquerons également que l'acide ascorbique n'exerce aucune action protectrice sur la catalase, bien qu'il empêche la mélanisation à partir d'une concentration $5\ M.10^{-4}$.

([2]) *Biochem. Zeits.*, **125**, 1922, p. 283.
([3]) *Biochem. Zeits.*, **146**, 1924, p. 108.
([4]) *Ann. agron.*, **16**, 1946, 1 (sous presse).

TÉROLOGIE. — *Surface spécifique comparée des protéines totales et de la sérum-albumine du sérum sanguin.* Note de M. **Augustin Boutaric** et Mlle **Simone Fabry**, présentée par M. Léon Binet.

Nous nous sommes proposé de comparer les surfaces suivant lesquelles se fixent sur un même corps adsorbant les molécules d'une solution de sérum-albumine et les molécules complexes d'une solution renfermant les protéines totales du sérum. Ces protéines ont été préparées par la méthode de l'acétone à froid de M. Maurice Piettre. Pour la comparaison des surfaces spécifiques de ces propriétés, nous avons appliqué une méthode indiquée par l'un de nous (1) et inspirée par une remarque antérieure de Lecomte du Noüy (2). Elle consiste à préparer une solution de ces protéines et à déterminer la plus petite quantité d'un corps adsorbant qui fixe la totalité des protéines dissoutes et ramène la tension superficielle à celle de l'eau. Pour cela, ayant déterminé les tensions superficielles y pour diverses quantités x du corps adsorbant, on représente en fonction de x la variation de $\log_{10} y - \log_{10} x = z$. A condition de n'utiliser que des valeurs de y supérieures à 69 dynes/cm, on constate que les points représentatifs se disposent sur une droite dont le coefficient angulaire a une certaine valeur m facile à relever. La masse du corps adsorbant pour laquelle la tension superficielle atteint sa valeur limite est égale à $m/2,30$.

Dans divers tubes de verre identiques de 20cm³ bouchés à l'émeri, on introduit un même volume de la solution du corps à étudier et des masses différentes du corps adsorbant. On agite doucement pendant une heure en évitant toute formation de mousse, puis on verse les diverses solutions dans des cuves identiques où on les abandonne au repos pendant deux heures au moins. On détermine ensuite la tension superficielle à l'aide du tensiomètre de Lecomte du Noüy.

Le charbon utilisé comme corps adsorbant dépourvu de cendres (charbon animal Merck) a été étalonné à l'aide d'une solution d'oléate de soude qui permet de connaître la surface spécifique du charbon (1mg,93 de charbon permettent de fixer 1mg d'oléate).

Les tableaux suivants donnent les masses de charbon permettant de fixer 1mg de sérum-albumine de diverses provenances et 1mg de protéines de divers sérums.

Sérum-albumine.		Protéines totales.			
	mg		mg		mg
Taureau 4 ans...	83	Cheval I..............	44	Bœuf..............	45,6
Bœuf..........	79,5	Cheval II.............	50,1	Génisse du Maine....	44,5
Génisse.......	76	Taureau normand 4 ans...	51,2	Bœuf manceau 4 ans..	38,7
Bœuf.........	81,1	Taureau manceau 3 ans...	49	Bœuf normand 5 ans...	37,3

(1) Boutaric et Guérin, 67e *Congrès des Sociétés Savantes*, 1934, p. 209.

(2) *Équilibres superficiels des solutions colloïdales*, Paris, 1929.

Les mesures semblent indiquer que les protéines totales se comportent en solution comme si leur ensemble formait une molécule complexe dont la surface spécifique serait à peu près la moitié de celle relative à la sérum-albumine.

Cette hypothèse trouve un solide appui dans les travaux de M. Piettre montrant, à l'aide de la méthode chimique, que les trois protéines sériques, même parfaitement débarrassées de lipides, ne redeviennent libres qu'après exacte saturation des bases alcalines adsorbées par elles. Dans son livre *Biochimie des protéines* cet auteur conclut : « dans le sérum les protéines ne sont pas libres mais fixées (stabilisées par les lipides et les bases alcalines) en proportion d'ailleurs variable pour chacun suivant les espèces et les individus, dans une même *particule sérique*, image de l'état colloïdal du sérum ». Et il fait entrevoir l'importance de cette notion nouvelle du granule protéinique pour l'étude de la synthèse des protéines au sein du protoplasma (activité trophique cellulaire) et pour celle de certains problèmes concernant l'hérédité.

A $16^h 10^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $17^h 15^m$.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 JUILLET 1946.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion de la Fête Nationale la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 17 juillet au lieu du lundi 15.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Catalyse négative. Composés de l'uranium et du thorium.* Note (¹) de M. **Henri Deslandres.**

Dans plusieurs Notes précédentes (²) j'ai étudié la catalyse positive et montré que le catalyseur et le catalysé sont unis par une relation simple. Le catalysé a des vibrations communes avec le catalyseur ou simplement en commun des nombres s' d'électrons activables. J'ai annoncé que la Note suivante serait consacrée en partie à la catalyse négative.

I. Dans cette dernière catalyse, les deux molécules doivent être au contraire en opposition. J'ai consulté utilement l'article de Dufraisse inséré dans la Chimie de Grignard, sur les antioxygènes qui se rattachent à la catalyse négative.

La première observation d'un antioxygène est due à Berthollet qui, en 1797, a annoncé que l'oxyluminescence du phosphore est arrêtée par des traces de composés sulfurés. Les nombres s' d'électrons activables dans les deux corps, le phosphore et le soufre, sont différents.

En 1865 Rump signale que des traces d'alcool préservent le chloroforme de l'air et de son oxygène. Or le chloroforme $CHCl_3$ a les nombres s' 5 et 7, et l'alcool C_2H_5OH le nombre s'9.

Le sulfite de sodium se transforme en sulfate, mais l'alcool benzylique, les

---

(¹) Séance du 1er juillet 1946.

(²) Les deux dernières Notes consacrées en partie à la catalyse positive sont les suivantes : du 26 février et du 2 juillet 1945; **220**, 1945, p. 263 et **221**, 1945, p. 10.

phénols et l'aniline ont une action retardatrice, leurs nombres s' d'électrons activables étant différents des s' du sulfate.

L'aldéhyde benzoïque $C_6H_5-C\lessdot^{O}_{H}$ est formé de deux parties; étant oxydée, il devient $C_6H_5-CO_2H$, dont les nombres s' sont 17, 29, 51 et 11, 17, 23. Le soufre, qui est l'antioxydant, avec ses 16 électrons, ne s'accorde pas avec le nombre 17.

Mais je n'ai pas continué la recherche, les données expérimentales étant devenues insuffisantes. J'ai porté mon effort sur d'autres questions.

II. Les quatre lois des fréquences moléculaires, annoncées précédemment ([3]), ont été vérifiées sur plus de 600 molécules très différentes par les nombres d'atomes et d'électrons, mais la recherche a été appliquée surtout à des molécules formées d'atomes légers qui ont été les premières étudiées, et dont les spectres Raman sont connus.

J'ai recherché récemment si ces lois s'appliquaient aussi bien aux molécules des atomes les plus lourds, l'uranium et le rhodium, qui d'ailleurs actuellement retiennent l'attention de tous.

Leurs spectres Raman n'ont pas encore été publiés, et je m'appuierai uniquement sur les formules de constitution.

Uranium. — Les sous-anneaux successifs de l'uranium à partir de l'extérieur, d'après les Chimies de Martinet (1934) et de Holleman (1928), sont les nombres s' d'électrons activables

$$2/6,12,\ 14/24,30,\ 32/46,86,\ 62,64/74,80,\ 82/88,\ 90/92.$$

La surface brillante du lingot d'uranium se recouvre d'une pellicule d'oxyde quand il est en contact avec l'air pendant quelque temps, et le lingot prend feu entre 150 et 170° en donnant l'oxyde vert U_3O_8. L'uranium offre d'ailleurs 3 oxydes :

l'oxyde d'uranium UO_2, dont les parties U et O_2 ont chacune 12 électrons s' et peuvent mettre la même fréquence;

l'oxyde d'uranium hexavalent UO_3 avec 12 électrons de U et O_2 et

---

([3]) Je rappelle brièvement ces 4 lois : La radiation de fréquence ν émise par un atome ou groupe d'atomes est liée au nombre s' d'électrons activés par la formule simple $\nu = q\,d_1/s'r'$, d_1 étant la constante universelle 1062,5, mesurée avec précision, q et r' étant des uombres entiers. Les électrons sont activés non un à un, mais par sous-anneaux successifs à partir de l'extérieur. Les premiers sous-anneaux, puis les 1ers et 2es sous-anneaux, puis les 1ers, 2es et 3es, etc., donnent une fréquence. De plus la molécule est divisée en parties qui émettent la même fréquence. Puis la 4e loi : souvent la formule de constitution, indique la division en deux parties dont les nombres d'électrons ont une différence qui est un petit nombre pair, 2, 4, 6 ou 8. L'ionisation intérieure intervient alors pour assurer l'égalité des nombres d'électrons activés, dans les deux parties, et aussi l'égalité des fréquences émises.

6 électrons de O. La molécule est du type ClH, du type où le nombre s' d'électrons d'une partie est un sous-multiple du nombre d'électrons des autres parties;

l'oyyde vert U_3O_8 avec 3 parties de 12 électrons et 4 parties de 12 électrons.

L'hydroxyde d'uranium tétravalent $U(OH)_4$ avec 3 parties de 14 électrons.

Le fluorure d'uranium F_4U offrant les mêmes divisions.

Le pyrophosphate d'uranium P_2O_7U avec 9 parties de 6 électrons.

Le métaphosphate $(PO_3)_4U$ avec 15 parties de 6 électrons.

L'orthophosphate $(PO_4)_4U_3$ avec 21 parties de 6 électrons.

L'oxalate d'uranium $(C_2O_4)_2$, $6H_2O$ avec 10 parties de 12 électrons.

Le fluorure d'uranium F_6O avec 4 parties de 14 électrons.

L'azotate d'uranyle $(NO_2)_2UO_2$, $6H_2O$ avec 14 parties de 6 électrons.

Chlorure d'uranyle $Cl_2(UO_2)$, $3H_2O$ avec 3 parties de 30 électrons.

Sulfure d'uranyle $S(UO_2)$ 3 parties de 12 électrons.

Sulfate d'uranyle $SO_4(UO_2)$, $3H_2O$, 5 parties de 12 électrons et une partie de 6.

Azotate d'uranyle $(NO_3)_2(UO_2)$ 10 parties de 6 électrons.

Oxalate complexe $(C_2O_4)_3(UO_2)_2K_2$, $4H_2O$, 28 fois 6, plus une fois 18.

Carbure d'uranium C_2U avec 3 fois 6 électrons.

Sulfure d'uranium S_2U avec trois fois 6 électrons.

Ces 18 composés et leurs formules sont tirés de la Chimie de Pascal tome XI et de l'article de Flatt sur l'uranium.

Thorium. — Le thorium, de nombre atomique 90, a autour du noyau 2 électrons de moins que l'uranium; ses composés, comme ceux de l'uranium, sont décomposables en parties qui ont le même nombre d'électrons activés, et donc les mêmes fréquences. J'ai vérifié le fait sur 15 molécules présentées par Boulanger dans la Chimie de Pascal.

La loi qui exige la division de la molécule en parties qui émettent la même fréquence est vérifiée d'une manière nette dans les composés de l'uranium et du thorium ([4]). De plus ces deux atomes lourds s'unissent aux éléments de l'air et de l'eau avec incandescence et la forte chaleur ainsi dégagée doit se retrouver dans la bombe atomique.

Dans la Note précédente du 12 décembre 1945 j'ai émis l'idée que les étoiles nouvelles doivent être de gigantesques bombes atomiques; mais les durées d'émission des deux phénomènes sont très différentes, quelques minutes avec la bombe et quelques mois avec l'étoile nouvelle. Il est probable que l'étoile s'allume lorsque les couches d'atomes lourds arrivent et se succèdent à la surface de l'étoile. Il faudra suivre l'accord de ces hypothèses avec les faits.

Dans cet ordre d'idées, la plupart des étoiles, à un moment de leur longue existence, doivent devenir des étoiles nouvelles.

([4]) En fait, parmi les 600 molécules étudiées, celles qui ne sont pas en accord avec cette loi sont en très petit nombre, et, de plus, ne sont pas stables.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez l'*Orobus vernus *L.* (Lathyrus vernus *Bernh.*). Note de M. **René Souèges**.

On doit à Léon Guignard (¹) les premiers renseignements sur l'embryogénie des *Orobus*. Ce savant a examiné huit espèces de ce genre, tout particulièrement l'*O. angustifolius* L. (*Lathyrus canescens* Gren. et Godr.). Il s'est surtout étendu sur la formation et les caractères des deux paires superposées de vésicules plurinucléées qui constituent le suspenseur *sensu stricto*. Pour ce qui est de la cellule embryonnaire proprement dite, ses observations, d'ailleurs contradictoires, se sont limitées aux toutes premières segmentations. Il importait de déterminer avec exactitude tous les détails des processus du développement chez une espèce au moins du groupe et de comparer les résultats obtenus avec ceux qu'a déjà permis d'établir l'étude d'autres Papilionacées ou de certaines Fumariacées.

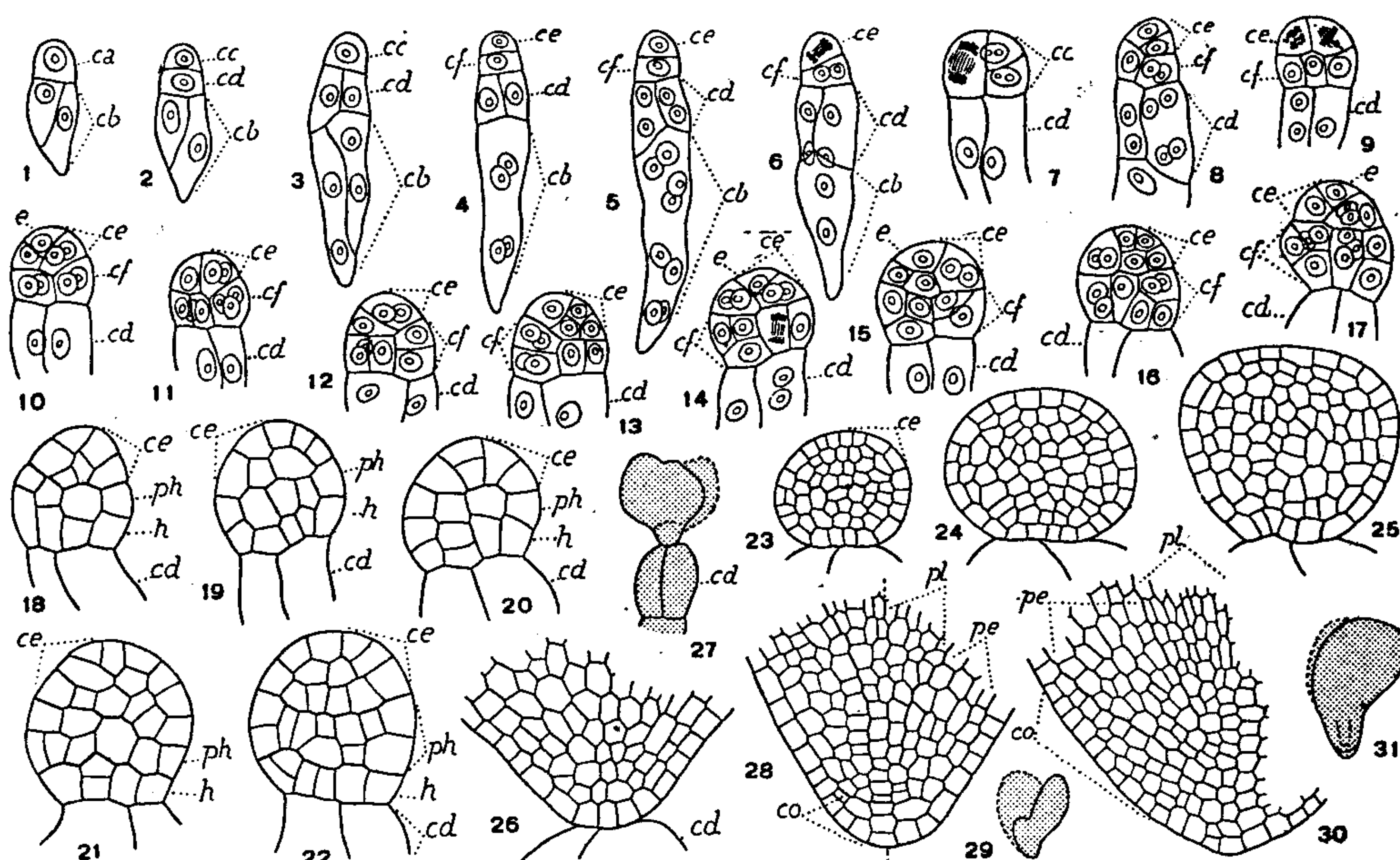


Fig. 1 à 31. — *Orobus vernus* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cd* et *cb*, les deux paires en superposition croisée de vésicules haustoriales; *cc*, cellule embryonnaire proprement dite; *ce*, cellule-fille supérieure de *cc* ou partie cotylée; *cf*, cellule-fille inférieure de *cc*; *e*, épiphyse; *ph*, partie hypocotylée; *h*, assise génératrice du groupe hypophysaire; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *co*, coiffe. En 27, 29, 31, aspect général de l'embryon d'où sont tirés les détails des figures 26, 28 et 30. G. = 270; 80 pour la figure 27; 42 pour les figures 29 et 31.

Chez l'*Orobus vernus*, la cellule embryonnaire proprement dite, *cc*, fille supérieure de la cellule apicale (*fig.* 3), se divise le plus souvent transversalement (*fig.* 4). La cellule

(¹) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6ᵉ série, **12**, 1881, p. 57.

supérieure ainsi engendrée, *ce*, se segmente, de manière générale, obliquement et la cellule inférieure, sa sœur, *cf*, longitudinalement (*fig.* 6, 8). Les quatre éléments engendrés de la sorte ont valeur de quadrants. Des cloisons, l'une oblique, l'autre verticale méridienne, donnent, aux dépens de *ce*, quatre éléments groupés en tétraèdre qui correspondent à des octants supérieurs, celui du sommet prenant les caractères d'une épiphyse. Dans les cellules juxtaposées, filles de *cf*, les cloisons sont généralement verticales et séparent quatre octants inférieurs (*fig.* 10). Des variations s'observent dans ces premières divisions : il est certain que la paroi de segmentation dans la cellule embryonnaire *cc* peut être parfois verticale comme le démontre la figure 7; que la cloison dans l'élément *ce* peut être également verticale, de sorte que, aux divisions immédiatement suivantes, il n'apparaît pas d'épiphyse et que les octants supérieurs se groupent régulièrement autour de l'axe dans un plan horizontal; il est évident, en outre, que, dans l'une ou l'autre des deux cellules juxtaposées en *cf*, la paroi peut se disposer transversalement (*fig.* 13, 14, 15 à g.).

Les octants supérieurs produisent la partie cotylée. Les premières divisions apparaissent d'abord dans les cellules sous-épiphysaires (*fig.* 14 à 17); elles ne conduisent nullement à la séparation d'emblée du dermatogène. La segmentation procède irrégulièrement (*fig.* 13 à 21), faisant disparaître bientôt toute trace de différenciation d'une épiphyse. En 22, se montre un peu de régularité : au-dessous d'un groupe cellulaire, situé au sommet, donnant naissance à l'épicotyle, se distingue une assise aux dépens de laquelle se développeront latéralement les cotylédons.

Les quatre octants inférieurs (*fig.* 11, 12 à g., 13, 14 à d.) se segmentent d'abord longitudinalement. A ces cloisons longitudinales succèdent des parois transversales (*fig.* 14, 17, 18), de sorte que les quatre octants se partagent en deux assises nettes, *ph* et *h* (*fig.* 18, 19). Ces deux assises, *ph* d'abord, *h* ensuite, prennent de nouvelles cloisons transversales, puis longitudinales; les éléments qu'elles produisent arrivent bientôt à se confondre; les limites qui séparent l'assise *ph* de la partie cotylée s'effacent elles-mêmes, de sorte que les coupes des formes proembryonnaires, aux stades précédant la naissance des cotylédons, n'offrent aucune différenciation intérieure (*fig.* 23 à 25). Le dermatogène lui-même ne se montre pas définitivement individualisé.

Les figures 26, 28, 30 donnent une idée du mode d'organisation de l'extrémité radiculaire. En 28 seulement, la coiffe commence à se constituer et les cellules intérieures se disposent en séries longitudinales procédant du mode de division qui préside à la différenciation et au fonctionnement des initiales de l'écorce et du plérome de la racine. On peut admettre que cette région des initiales, celle des initiales du périblème tout au moins, dérive de l'assise *h*, l'assise *ph* engendrant ce qui correspond à l'hypocotyle.

Il est certain que l'embryon proprement dit et la plante tout entière tirent origine, chez l'*Orobus vernus*, de la cellule *cc*, fille supérieure de la cellule apicale, petite-fille de l'oospore. Il paraît évident, en outre, que, d'une manière générale, on retrouve dans la cellule *ce* de l'*Orobus*, jusqu'au stade des octants, les processus de division qui ont été décrits au sujet du *Fumaria officinales* [2], et que les octants ont, dans les deux cas, les mêmes destinées. Aucune différence vraiment essentielle ne permet de séparer les deux espèces; elles se rangent dans la deuxième période, dans le mégarchétype VI et le 13e groupe de la classification embryogénique. Une variante serait cependant à envisager

[2] R. Souèges, *Comptes rendus*, **213**, 1941, pp. 528 et 699.

comportant un cloisonnement longitudinal dans la cellule *cd*. — Le *principe de la correspondance des formes* joue pour l'*Orobus* comme pour le *Fumaria*, les lois embryogéniques s'appliquant à la cellule apicale conduisent, dans les deux cas, à la formation de deux cellules superposées, *cc* et *cd*, à la première génération, d'une tétrade en T renversé à la deuxième (*fig.* 4), de quadrants agencés en deux dyades superposées à la troisième, et enfin, à la quatrième génération, de huit octants avec disposition en tétraèdre des quatre octants supérieurs. — Les formes qui, dans les deux espèces, procèdent du cloisonnement tout d'abord longitudinal de la cellule *cc*, se sont montrées peu fréquentes et nettement aberrantes.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Quelques remarques sur les jets gazeux supersoniques et les canons-fusées*. Note [1] de M. **Dimitri Riabouchinsky**.

Le problème d'un jet gazeux supersonique, ne comprenant des discontinuités d'aucun ordre, issu d'une tuyère à section carrée [2], est complètement déterminé par les équations

$$(1)\quad \begin{cases} x_1 = \varphi_1 - \alpha\ (\sin w_1 + \sin \overline{w}_1 + \sin w_2 + \sin \overline{w}_2 - \cos w_1 - \cos \overline{w}_1 + \cos w_2 + \cos \overline{w}_2), \\ y_1 = \psi'_1 + \alpha b\, (\sin w_1 - \sin \overline{w}_1 + \sin w_2 - \sin \overline{w}_2 - \cos w_1 + \cos \overline{w}_1 + \cos w_2 - \cos \overline{w}_2), \\ z_1 = \psi'_2 + \alpha b\, (\sin w_1 - \sin \overline{w}_1 - \sin w_2 + \sin \overline{w}_2 - \cos w_1 + \cos \overline{w}_1 - \cos w_2 + \cos \overline{w}_2); \end{cases}$$

$$(2)\quad w_1, \overline{w}_1 = \varphi_1 \pm b(\psi'_1 + \psi'_2), \qquad w_2, \overline{w}_2 = -\varphi_1 \mp b(\psi'_1 - \psi'_2); \qquad b^2 + 1 = \frac{q_1^2}{2c^2};$$

$$(3)\quad \frac{p - p_1}{\rho_1 q_1^2} = \frac{\partial x_1}{\partial \varphi_1} - 1 = 2\sqrt{2}\cos\varphi'_1\,[\cos b(\psi'_1 + \psi'_2) - \cos b(\psi'_1 - \psi'_2)], \quad \frac{q}{q_1} = 2 - \frac{\partial x_1}{\partial \varphi_1},$$

où $\varphi'_1 = (\pi/4) - \varphi_1$ Les notations des Notes précitées [2] sont conservées, sauf que nous avons désigné par b le produit aa_1. Les variables sans dimensions x_1, y_1, z_1, φ_1, ψ'_1, ψ'_2 ont été définies dans la première des Notes [2], par exemple $x_1 = x/h$. Dans la présente Note, le paramètre h, qui a la dimension d'une ligne, est lié à la longueur L des côtés de l'ouverture de sortie de la tuyère par la relation $\pi h = b$L. Les quatre *surfaces de courant* $\psi'_1 = 0$, $\psi'_2 = 0$, $b\psi'_1 = \pi$, $b\psi'_2 = \pi$, limitant le jet, sont, en raison de (3), des surfaces de pression et vitesses constantes. D'autre part, en raison de (1), on a sur ces surfaces de courant, $x_1 = \varphi_1$. On peut interpréter ce dernier résultat en disant que chaque plan $x_1 = c_1$ et chaque surface équipotentielle $\varphi_1 = c_1$ coupent la surface limitant le jet suivant la même courbe plane. Ces *courbes* sont des carrés rectilignes si $c_1 = -(1/4)\pi + 2n\pi$ ou $c_1 = (3/4)\pi + 2n\pi (\pm n = 0, 1, 2, 3, \ldots)$, et des carrés curvilignes convexes ou concaves pour les autres valeurs de c_1. Les quatre côtés de ces carrés étant symétriques par rapport à l'axe du jet, il suffit de donner l'équation des côtés situés par exemple sur la surface de

[1] Séance du 1er juillet 1946.

[2] *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 472; **208**, 1939, p. 1765; **213**, 1941, p. 424.

courant $\psi'_1 = 0$. Il vient ainsi

$$(4) \qquad x = c_1, \qquad y_1 = 4\alpha b\sqrt{2}\cos c'_1 \sin b\psi'_1, \qquad z_1 = \psi'_2, \qquad c'_1 = (\pi/4) - c_1,$$

où, pour toute valeur de c_1, il faut faire varier $b\psi'_2$ de zéro à π. Il résulte de (3) que les surfaces équipotentielles $\varphi_1 = c_1$ dont l'intersection avec la surface limitant le jet est un carré rectiligne, est une surface de pression et vitesse constantes, $p = p_1$, $q = q_1$. L'un de ces carrés qui correspondent à une détente complète peut donc être considéré comme section de sortie d'une tuyère de Laval à section carrée. Les sommets de tous ces carrés, rectilignes ou curvilignes, sont situés sur quatre droites parallèles à l'axe du jet. Ces droites étant des lignes de courant de la surface limitant le jet, la vitesse en tous leurs points est constante et *parallèle à cet axe*; cette remarquable propriété des *arêtes* de pareils jets se conserve même en présence d'ondes de choc ([2]).

Les lignes de courant et les *lignes équipotentielles* dans les sections du jet par

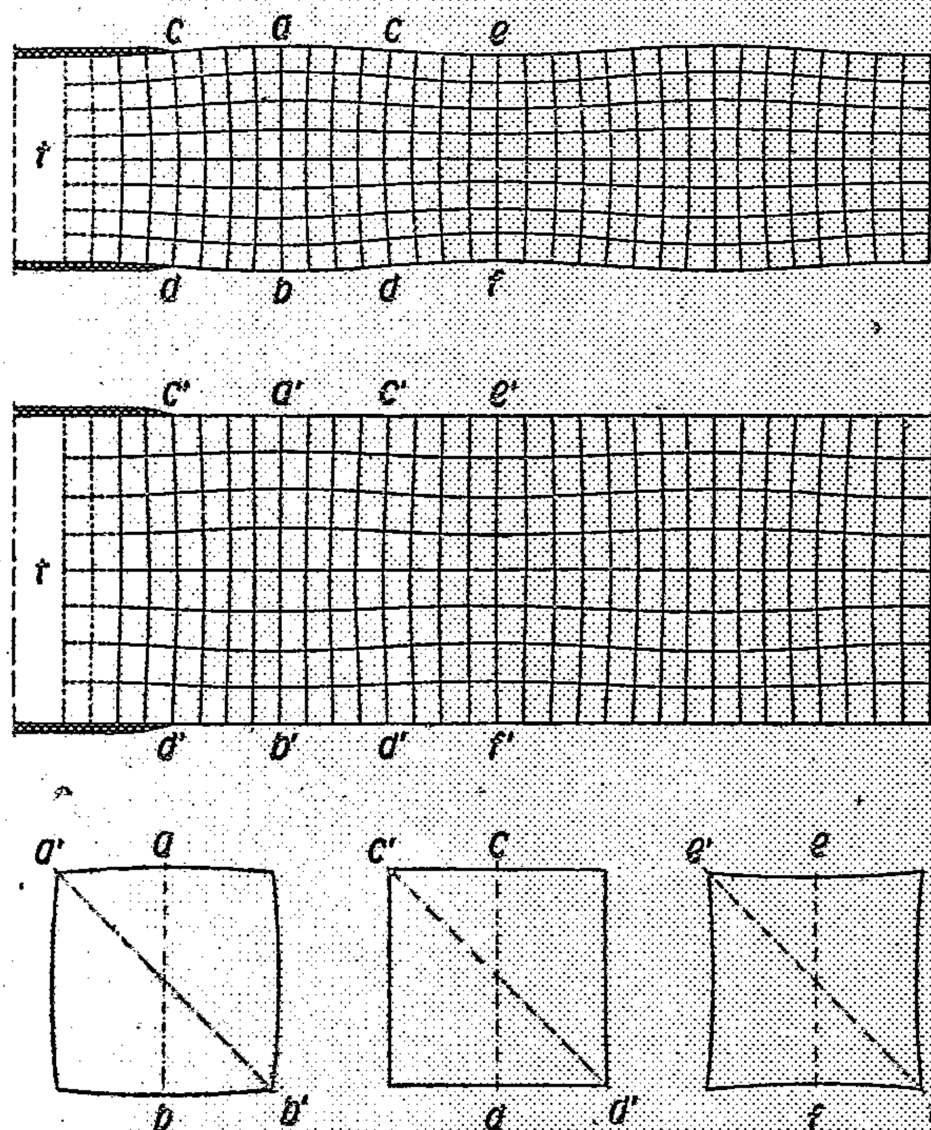


Fig. 1.

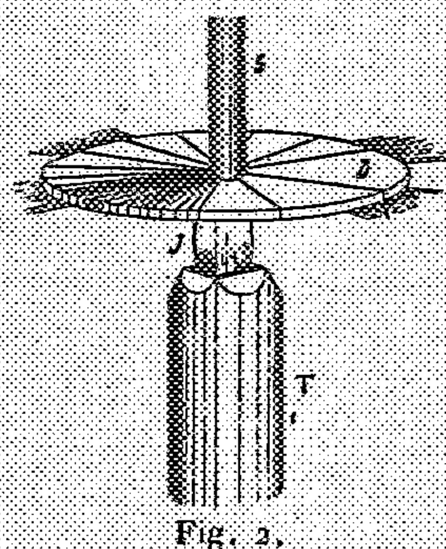

Fig. 2.


Fig. 3.

l'un des *plans médians*, par exemple $b\psi'_2 = (1/2)\pi$, et par l'un des *plans diagonaux*, par exemple $\psi'_1 = \psi'_2$, sont définies respectivement par les équations (5) et (6)

$$(5) \quad x_1 = \varphi_1 - 4\sqrt{2}\alpha \sin b\psi'_1 \sin\varphi'_1, \qquad y_1 = \psi'_1 + 4\sqrt{2}\alpha b \cos b\psi'_1 \cos\varphi'_1, \qquad z_1 = \frac{\pi}{2b};$$

$$(6) \quad x_1 = \varphi_1 + 2\sqrt{2}\alpha(\cos 2b\psi'_1 - 1)\sin\varphi'_1, \qquad r_1 = \sqrt{y_1^2 + z_1^2} = \sqrt{2}\psi'_1 + y\alpha b \sin 2b\psi'_1 \cos\varphi'_1.$$

La valeur du paramètre α peut être définie par l'angle d'évasement maximum θ de la tuyère au voisinage de sa section de sortie. En dérivant les équations (5) par rapport à φ et en posant par exemple $b\psi'_1 = \pi$, $\theta = 5°$, $q_1/c = \sqrt{3} = 1,73$, il vient, pour $\varphi_1 = (3/4)\pi$, $\tan\theta = 4\sqrt{2}\alpha b = 0,875$, $b = 1$, $\alpha = 0,0155$. Les lignes de courant, les lignes équipotentielles et trois sections orthogonales du jet, calculées d'après les équations (5), (6) et (4) en donnant aux paramètres b et α les valeurs susdites, sont représentées dans la figure 1.

La particularité des arêtes de la surface limitant le jet que notre théorie a mise en évidence, se conserve dans l'épanouissement en forme de croix que subit le jet lorsqu'il rencontre un obstacle, par exemple le disque D, fixé au bras S d'un support, de la figure schématique 2. On met en évidence que la vitesse radiale est presque nulle dans les angles morts en recouvrant la surface noircie du disque de peinture blanche et en enregistrant la façon dont la peinture est balayée par le souffle du jet J issu de la tuyère T. L'épreuve négative d'une photographie obtenue dans ces conditions est reproduite dans la figure 3. Pour établir un lien entre cette expérience et celles que M. Henri Muraour a considérées récemment ([3]), on pourrait utiliser un *canon fusée* ([4]), par exemple le canon ou fusil antichars américains *bazooka*, en lui donnant la forme d'un cylindre de section carrée et en enregistrant dans l'obscurité la luminosité des gaz éjectés vers l'arrière, l'axe de l'objectif étant dans le prolongement de celui du canon. On peut s'attendre que dans ces conditions le jet gazeux butant contre l'air environnant tendra à s'étaler en quatre gerbes correspondant aux quatre faces planes du canon, pourvu que ce phénomène ne soit pas masqué par l'explosion secondaire extérieure des gaz éjectés au contact de l'air.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude du benzsélénazole et de quelques-uns de ses dérivés*. Note ([1]) de MM. CHARLES COURTOT et JEAN DEVELOTTE.

I. Disons tout d'abord que nous avons amélioré la préparation du sel de zinc de l'orthoaminosélénophénol et que nous sommes arrivés à des rendements pratiquement constants de l'ordre de 80 %, quelle que soit la poudre de zinc utilisée. Les détails de cette amélioration paraîtront prochainement dans un autre périodique, afin de ne pas alourdir cette Communication.

Le benzsélénazole est désormais un produit très accessible.

([3]) *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 1104-1105.

([4]) *Bull. de l'Institut Aérodynamique de Koutchino*, 6, Paris, 1920, p. 75; *Mémorial de l'Artillerie française*, 11, 1923, p. 690; *Rocket Gun*, Brevet d'invention n° 1.661.091, demandé le 10 juin 1924 à Washington, délivré le 28 février 1928; *Bulletin Scientifique et Technique du Ministère de l'Air*, 157, Paris, 1939, pp. 80-92. En 1926 l'auteur a adressé à l'Office national des inventions à Bellevue une communication (récépissé n° 42089 du 28 juin 1926) relatif à un fusil lance-harpon. Ce fusil, basé sur le même principe que le canon-fusée de l'auteur, était destiné à la chasse aux *marsouins* et *bélugas* et peut être utilisé directement par le chasseur qui le porte, malgré la masse et la vitesse initiale considérables du projectile. Ces animaux aquatiques causant des dégâts importants aux filets des sardiniers, l'Office de Bellevue, sur la demande du Sous-Secrétariat d'État des ports de la marine marchande et des pêches, étudiait les moyens de parer à ce mal.

([1]) Séance du 24 juin 1946.

II. Quant au méthyl-2 benzsélénazole, il a été obtenu par action de l'anhydride acétique sur le sel de zinc de l'aminosélénophénol avec un rendement de 78 %. Clark ([2]) utilisait le chlorure d'acétyle et le rendement accusé par cet auteur n'était que de 68 %; nous avons étudié quelques-unes de ses propriétés réactives qui sont, disons-le tout de suite, beaucoup plus faibles que celles du méthyl-2 benzthiazole. Nous avons pu cependant faire entrer ce composé sélénié dans quelques réactions intéressantes :

1° *Action du brome.* — En solution chloroformique refroidie, le méthyl-2 benzsélénazole fixe l'halogène; il se forme une poudre orangée possédant une odeur très nette de brome; il y a perte rapide de l'halogène fixé sur le sélénium et l'azote de ce composé, et à l'air humide on obtient finalement le méthyl-2 benzsélénazole libre, comme il résulte des dosages de brome, effectués au cours de la transformation du composé primitivement le plus halogéné.

Des essais de préparation de séléninones par action d'une base sur le dérivé dibromé au sélénium, selon une méthode indiquée par Krafft et Vorster ([3]) et Motamédi ([4]) sur le séléniure de diphénylène, ne donnent aucun résultat; on régénère purement et simplement le méthyl-1 benzsélénazole. L'atome de sélénium engagé dans le cycle polyhétérogène a donc ses propriétés partiellement affaiblies.

2° Par contre le groupe méthyle du méthyl-2 benzsélénazole permet d'intéressantes condensations avec les aldéhydes aromatiques, sous l'influence du chlorure de zinc, alors qu'il semble inactif avec les cétones aliphatiques ou aromatiques ou les aldéhydes aliphatiques.

a. Avec le benzaldéhyde on obtient, par élimination d'une molécule d'eau provenant de deux atomes d'hydrogène du groupement méthyle avec l'oxygène de la fonction aldéhyde, le benzsélénazolyl 2-phényléthylène, cristaux orangés (F 123°) le rendement est sensiblement quantitatif. Ce produit conduit à un picrate fondant à 212°.

b. Avec le paranitrobenzaldéhyde on arrive au benzsélénazolyl 2-paranitrophényl éthylène, corps bien cristallisé, d'un jaune soufre F 228°, dont le picrate fond à 214°.

c. L'aldéhyde anisique conduit, également avec un excellent rendement, au benzsélénazolyl-2 paraméthoxyphényléthylène, corps jaune pâle F 128°, dont le picrate fond à 202°.

On a formé l'éthyliodure de benzsélénazolyl 2-phényléthylène, cristaux rouge vif, F 227° (avec décomp.) en condensant l'éthyliodure de méthyl-2 benzsélénazole F 210-211° avec l'aldéhyde benzoïque, sous l'action de Cl_2Zn.

([2]) *Journ. of the Chem. Soc. London*, 2, 1928, p. 2313.

([3]) Krafft et Vorster, *Ber. chem. Ges.*, 26, 1893, p. 2813.

([4]) *Thèse de Doctorat*, Nancy, 1936, p. 47.

Le rendement est seulement de 35 % de la théorie, alors que le rendement en ce produit rouge est sensiblement quantitatif en faisant agir le benzsélénazolyl 2-phényléthylène avec de l'iodure d'éthyle en tube scellé, à 100°, pendant 12 heures.

3° On ne peut obtenir aucune condensation avec les dérivés à halogène mobiles tels que le monochloracétate d'éthyle, le chlorure de benzyle et le dinitrochlorobenzène 4.2.1, même en s'aidant de bases nucléaires ou de diméthylaniline, susceptibles d'éliminer dans de nombreux cas, ClH.

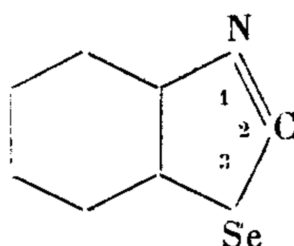
4° Signalons enfin que le méthyl-2 benzsélénazole réagit lentement sur le bromure d'éthylmagnésium, avec dégagement quantitatif d'éthane, mais avec une résinification considérable, que l'opération soit réalisée soit en milieu d'éther anhydre, soit en milieu toluénique. De plus le magnésien vraisemblablement formé ne réagit pas ensuite sur des réactifs antagonistes. Les propriétés du méthyl-2 benzsélénazole sont donc, de ce point de vue, très voisines de celles du benzsélénazole lui-même comme nous l'avons montré (5).

III. *Préparation du phénylbenzsélénazole.* — Ce corps a été préparé par Bauer (6) par action du chlorure de benzoyle sur le sel de zinc de l'orthoaminosélénophénol (le rendement n'est pas mentionné). Fromm (7) fait réagir le sélénium sur la benzoylaniline et n'aboutit qu'à un rendement de 20 %.

Nous avons repris la méthode de Bauer, en opérant la condensation du chlorure de benzoyle sur le sel de zinc de l'orthoaminosélénophénol préparé selon la technique signalée au paragraphe I de la présente Note, mais en présence d'un mélange de pyridine et de chloroforme. On arrive régulièrement à obtenir un rendement de 60 %. Le phényl-2 benzélénazole se présente sous forme de longues aiguilles blanches, solubles dans tous les solvants organiques usuels; il fond à 116°. Nous en avons formé le picrate fusible à 134-135°. L'iodométhylate du 1-phénylbenzsélénazole a été formé selon les prescriptions de Clark (8) par chauffage du 2-phénylbenzsélénazole avec de l'iodure de méthyle à 100°, pendant 26 heures. Il forme des aiguilles jaunes fondant à 211-212°. Par contre la même technique utilisée en vue de condenser de l'iodure d'éthyle ou de l'iodure de butyle avec le phénylbenzsélénazole est restée infructueuse, même en élevant la température du mélange réactionnel à 110° pendant 26 heures. Il y a là un phénomène d'empêchement stérique dû à la proximité du groupe phényle, puisque le benzsélénazolyl 2-phényléthylène décrit en *a* réagit avec ces mêmes halogénures aliphatiques, pour donner très facilement les sels quaternaires à l'azote.

(5) *Comptes rendus*, 221, 1945, pp. 101-102.
(6) *Ber. d. chem. Gesells.*, 46, 1913, p. 92.
(7) Fromm, *Liebig's Ann.*, 40, 1914, p. 177.
(8) *J. Chem. Soc.*, 1927, p. 2805.

La nomenclature employée est celle préconisée par V. Grignard et Rambaud dans le *Traité de Chimie Organique* (18, p. 7).



NOMINATIONS.

M. **Émile Borel** est adjoint à la délégation de l'Académie aux Assemblées qui auront lieu à Philadelphie, du 17 au 19 octobre 1946, et à Washington, du 21 au 23, dans le but d'établir une collaboration plus étroite entre les Savants des États-Unis et ceux des autres Nations du monde.

M. **Emmanuel de Martonne** est adjoint à la délégation chargée de représenter la France au *Conseil international des Unions scientifiques*, du 22 au 24 juillet 1946, à Londres, dans les locaux de la *Royal Society* (1).

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Harlow Shapley** est élu Correspondant pour la Section d'Astronomie en remplacement de Sir *Frank Dyson*, décédé, et M. **Louis Gallavardin**, Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie en remplacement de M. *Alexis Carrel*, décédé.

CORRESPONDANCE.

MM. **Eugène Bataillon** et **Henri Devaux**, élus Membres non résidants et **Reginald A. Daly**, élu Correspondant pour la Section de Minéralogie, adressent leurs remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Ministère de la France d'Outre-mer. Office de la Recherche scientifique coloniale. *Rapport d'activité pour l'année* 1945.

2° Henri Roger. *Éléments de psycho-physiologie.*

3° D. Danielopolu. *Le système nerveux de la vie végétative. — La digitale et les strophantines. — Phylaxie-Paraphylaxie et Maladie spécifique.*

---

(1) Séance du 1er juillet 1946.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions moyenne-périodiques.* Note de M. LAURENT SCHWARTZ, présentée par M. Jacques Hadamard.

Définitions. — $(\mathcal{E})$ sera un espace vectoriel topologique de fonctions complexes $f(x)$ de la variable réelle x. Soit $T_h f = f(x-h)$ (h réel); nous supposerons que toutes les transformations T_h sont des automorphismes de $(\mathcal{E})$. Nous appellerons $(\mathcal{T}f)$ l'adhérence du sous-espace vectoriel engendré par tous les $T_h f$ (h réel). Si $(\mathcal{F})$ est un sous-espace vectoriel quelconque de $(\mathcal{E})$, $(\mathcal{T}\mathcal{F})$ sera l'adhérence de l'espace vectoriel engendré par tous les $T_h f$ ($f \in \mathcal{F}$, h réel); $(\mathcal{T}\mathcal{F})$ est le sous-espace vectoriel fermé le plus général de $(\mathcal{E})$ qui soit invariant par tous les automorphismes T_h.

f ou $(\mathcal{F})$ sera dit *moyenne-périodique* si $(\mathcal{T}f)$ ou $(\mathcal{T}\mathcal{F})$ est distinct de l'espace entier $(\mathcal{E})$ (¹).

Nous particulariserons $(\mathcal{E})$ de deux façons différentes :

$(\mathcal{E}_1)$, espace de toutes les fonctions continues $f(x)$; on dira que des f_i convergent vers f si elles convergent uniformément sur tout intervalle fini vers f;

$(\mathcal{E}_2)$ espace des fonctions continues $f(x)$ nulles en dehors d'intervalles finis (non précisés); on dira que des f_i convergent vers f si elles convergent uniformément vers f et sont toutes nulles en dehors d'un même intervalle fini (non précisé) (²).

Moyenne-périodicité dans $(\mathcal{E}_1)$. — $(\mathcal{T}f)$ peut être l'espace entier; on montre qu'il en est ainsi si f est de carré sommable.

$(\mathcal{T}f)$ peut aussi être de dimension un; alors $f(x) = e^{rx}$, r nombre complexe quelconque.

Plus généralement $f(x) = x^p e^{rx}$ (p entier, r complexe quelconque) est moyenne-périodique; $(\mathcal{T}f)$ est le sous-espace de dimension $p+1$ de $(\mathcal{E}_1)$ formé des fonctions $P(x)e^{rx}$ [$P(x)$ polynome quelconque de degré p].

Soit maintenant $f(x)$ une fonction quelconque moyenne-périodique, non identiquement nulle.

On démontre les propriétés suivantes :

1° $(\mathcal{T}f)$ contient au moins une exponentielle e^{rx}.

Cherchons toutes les fonctions de $(\mathcal{T}f)$ de la forme $x^i e^{r_k x}$.

Les r_k forment une suite discrète, finie ou tendant vers ∞, et pour chaque r_k, $i \leq p_k$ entier fini. Le *spectre* (S) des r_k, chacun compté avec son ordre de mul-

(¹) La notion de fonction moyenne-périodique est due à M. Delsarte, *Les fonctions moyenne-périodiques* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, **14**, IV, 1935, pp. 403-453.

La définition de M. Delsarte est différente de la nôtre; on montre qu'elle est équivalente à celle des fonctions moyenne-périodiques dans $(\mathcal{E}_1)$, donnée dans la présente Note.

(²) L'étude des fonctions moyenne-périodiques a déjà été faite dans les espaces fonctionnels (L^2), (L^1), (L^∞). Voir N. WIENER, *Annals of Mathematics*, **33**, 1932, pp. 1-100; A. BEURLING, *Acta Mathematica*, **77**, 1945, pp. 127-136.

tiplicité p_k, n'est pas quelconque, il a certaines propriétés caractéristiques.

2° Les $x^i e^{r_k x} \in (\mathcal{C}f)$ forment une *base* de $(\mathcal{C}f)$. Toute fonction $g \in (\mathcal{C}f)$ (et en particulier f elle-même) est limite de combinaisons linéaires finies de ces $x^i e^{r_k x}$ et admet même un développement formel

$$g(x) = \sum_k \left(\sum_{i \leq p_k} C_{i,k} x^i e^{r_k x} \right),$$

dont on peut, par des formules appropriées, calculer les coefficients $C_{i,k}$.

3° Chacun de ces développements formels en série d'exponentielles est convergent par un procédé de sommation indiqué dans un précédent Mémoire : groupements de termes et facteurs exponentiels d'Abel (³).

Chaque sous-espace vectoriel $(\mathcal{C}\mathcal{F})$ possède des propriétés identiques à celles des $(\mathcal{C}f)$; on montre en effet qu'il existe toujours une infinité de fonctions $f \in (\mathcal{F})$ telles que $(\mathcal{C}f)$ coïncide avec $(\mathcal{C}\mathcal{F})$.

Moyenne-périodicité dans $\mathcal{E}_2$. — Toute fonction f de $(\mathcal{E}_2)$ est moyenne-périodique. On démontre que tout sous-espace $(\mathcal{C}\mathcal{F})$, distinct de l'origine et de l'espace entier, est formé de toutes les fonctions f dont la transformée de Fourier F a au moins un ensemble de zéros (complexes) donnés r_k, chacun avec un ordre de multiplicité minimum p_k. On peut représenter symboliquement $(\mathcal{C}\mathcal{F})$ par une *décomposition en facteurs premiers* (⁴),

$$(\mathcal{C}\mathcal{F}) \sim \prod_k \{r_k\}^{p_k},$$

$(\mathcal{E}_2)$ a d'ailleurs une structure d'anneau, si l'on appelle *multiplication* l'opération de composition (⁵) (*Faltung*),

$$c(x) = a(x) \times b(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} a(x-t)\, b(t)\, dt.$$

$(\mathcal{C}\mathcal{F})$ est alors l'idéal fermé le plus général; $(\mathcal{C}f)$ est l'idéal fermé engendré par f; la décomposition en facteurs premiers est une authentique décomposition en un produit de puissances d'idéaux premiers. La théorie de la divisibilité, du P. G. C. D., du P. P. C. M. du produit P se fait sans difficulté et donne lieu à des propriétés fonctionnelles remarquables : ainsi pour que deux fonctions f, g permettent, par les combinaisons linéaires finies de leurs translatées, d'approcher toute fonction de $(\mathcal{E}_2)$, il faut et il suffit que leurs

(³) SCHWARTZ, *Approximation d'une fonction quelconque par des sommes d'exponentielles imaginaires* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 1943, pp. 111-175).

(⁴) Pour $(\mathcal{C}\mathcal{F}) \equiv (\mathcal{E}_2)$, l'ensemble des r_k est vide. En général, il y a une infinité de facteurs premiers. L'ensemble des r_k, p_k a exactement les mêmes propriétés que l'ensemble des éléments d'un spectre (S), dont la définition est donnée au paragraphe précédent.

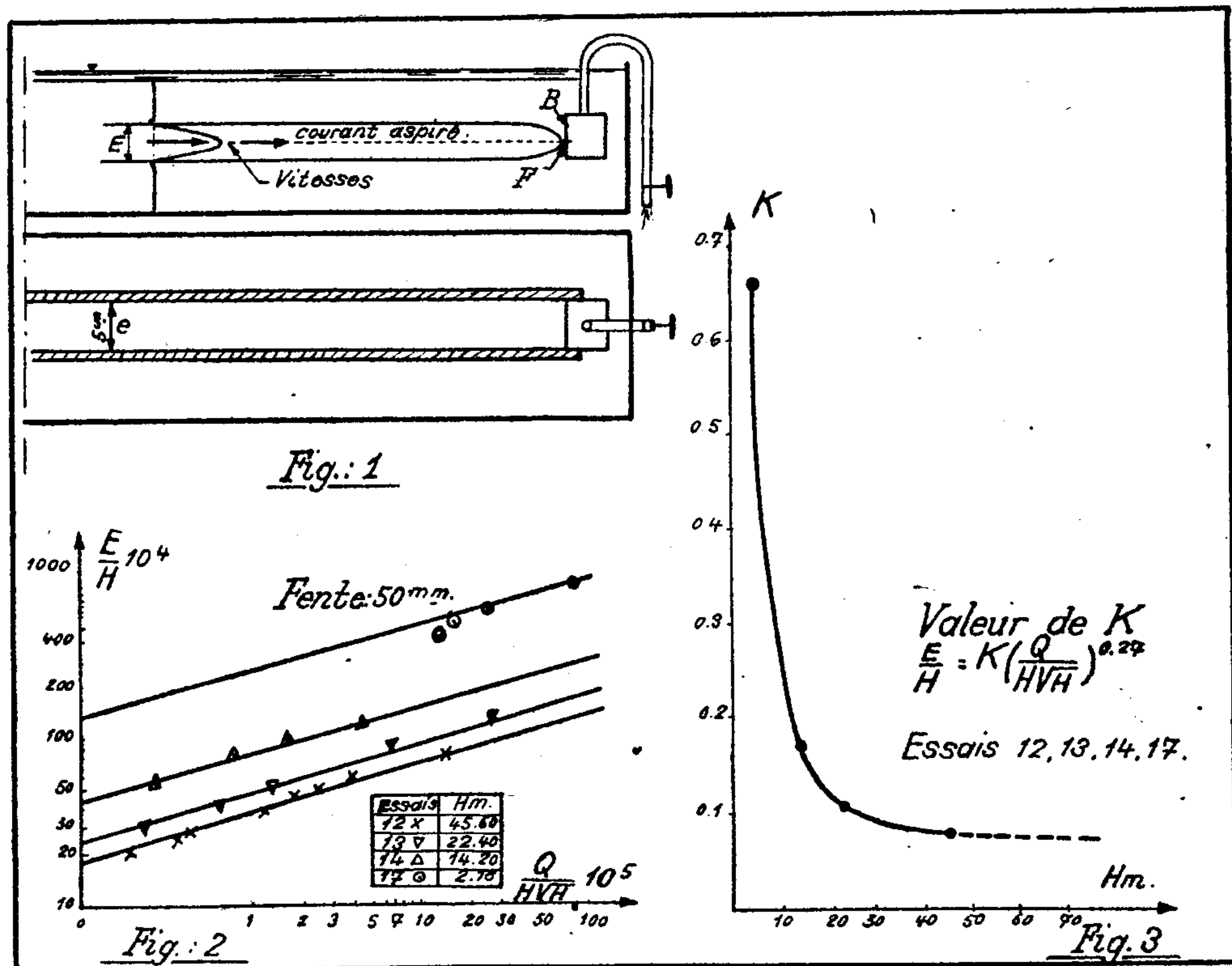
(⁵) Voir ANDRÉ WEIL, *L'intégration dans les groupes topologiques et ses applications*, Paris, 1940.

transformées de Fourier soient sans zéro commun. Chaque idéal fermé a, au plus, 2 éléments générateurs.

On remarque que les propriétés de $(\mathcal{E}_1)$ et de $(\mathcal{E}_2)$ sont liées par une dualité. Les résultats précédents subsistent vraisemblablement, avec certaines modifications appropriées, pour des fonctions de plusieurs variables et des transformations plus générales que les translations T_h. Mais la théorie est bien plus difficile et je n'ai que des résultats très incomplets.

HYDRAULIQUE. — *Sur l'écoulement au sein d'un liquide pesant présentant une variation continue de densité.* Note (¹) de M. **Paul Gariel**, présentée par M. Albert Caquot.

Considérons (*fig.* 1) deux parois verticales parallèles de longueur limitée, distantes de e (5^cm^ dans les expériences citées) plongées dans une grande cuve



Ecoulement avec gradient de densité **EG: 10998**

vitrée. Entre ces parois une boîte B, portant sur sa face amont une fente horizontale F de 2^mm^ de haut et de longueur e, liée à un tube formant siphon, permet d'aspirer du liquide de la cuve par la fente.

(¹) Séance du 17 juin 1946.

Dans le cas de deux couches de densités différentes, il existe une hauteur limite d'aspiration simultanée des deux couches ([2]). L'expérience montre que, si la cuve contient un grand nombre de couches superposées de densités différentes, on peut en aspirer plusieurs simultanément. Si l'eau présente une variation continue de densité, ce qu'on obtient par agitation convenable d'eau douce et d'eau salée suivie de retour au repos, l'aspiration d'un débit linéaire Q se fait sentir dans un courant d'épaisseur notable mais limitée, fonction du débit et de la répartition de densité. La vitesse du liquide est maximum au niveau de la fente, et nulle aux limites supérieure et inférieure du courant précédent, qui est encadré de deux petits courants rétrogrades.

De nombreuses expériences nous ont permis de préciser les lois de variation de l'épaisseur du courant pour une variation linéaire de densité caractérisée par la hauteur H

$$H = \Delta h \frac{\rho_m}{\Delta\rho};$$

$\Delta\rho$, variation de densité sur la hauteur Δh; ρ_m densité au milieu de Δh. L'écoulement obéit à la relation suivante entre paramètres sans dimensions, faisant intervenir inertie, pesanteur et viscosité :

$$\frac{E}{H} = \varphi\left(\frac{Q}{H\sqrt{gH}}, \frac{\nu}{H\sqrt{gH}}\right).$$

Mesurant E assez en amont de la fente, Q et H, et portant les points expérimentaux sur un diagramme logarithmique en E/H et $Q/H\sqrt{H}$ (g étant constant), on constate qu'ils se groupent autour de droites parallèles (*fig.* 2) d'équation

$$\frac{E}{H} = K\left(\frac{Q}{H\sqrt{H}}\right)^{0,27},$$

où K varie en fonction de H (*fig.* 3).

La viscosité joue un rôle certain, influant sur l'épaisseur du courant en raison des parois rapprochées et du gradient de densité. En largeur infinie seule cette dernière cause d'action subsiste. Elle doit s'atténuer quand H augmente et c'est ce que montre la courbe de K en fonction de H (ou mieux de $H\sqrt{gH}/\nu$), qui paraît tendre vers une asymptote. Ceci, compte tenu des résultats des mesures pour deux couches en écoulement plan et à trois dimensions, permet de calculer avec une suffisante approximation l'épaisseur du courant aspiré par un orifice pour un débit donné, dans une mer profonde présentant une variation continue de température et de salinité en fonction de la profondeur.

([2]) *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 720, 781 et 1159.

ASTROPHYSIQUE. — *Les raies brillantes de la couronne solaire dans le spectre de Nova T Coronæ Borealis.* Note (¹) de Mlle **Marie Bloch**, MM. **Jean Dufay**, **Charles Fehrenbach** et **Tcheng Mao-Lin**, présentée par M. Bernard Lyot.

Les clichés obtenus avec le spectrographe à un prisme monté sur le télescope de 120cm d'ouverture de l'observatoire de Haute-Provence mettent clairement en évidence la présence, dans le spectre de Nova T Coronæ Borealis 1866-1946, des deux raies 6374,5 et 5302,8 Å de la couronne solaire. On sait qu'elles ont été attribuées par Edlén (²) respectivement à [FeX] et [FeXIV] (potentiels d'ionisation 233 et 355 volts).

La raie 6374 Å apparaît déjà nettement sur nos premiers spectrogrammes, le 12 février 1946. Les jours suivants son intensité augmente par rapport à celles des raies voisines et, les 15 et 16 février, elle devient une des plus fortes du spectre visible (voir la figure). L'ensemble des raies d'émission s'affaiblit ensuite progressivement et, avec les longues poses alors nécessaires, le spectre continu de la composante du type M devient prépondérant. La raie cesse d'être visible autour du 18 mars.

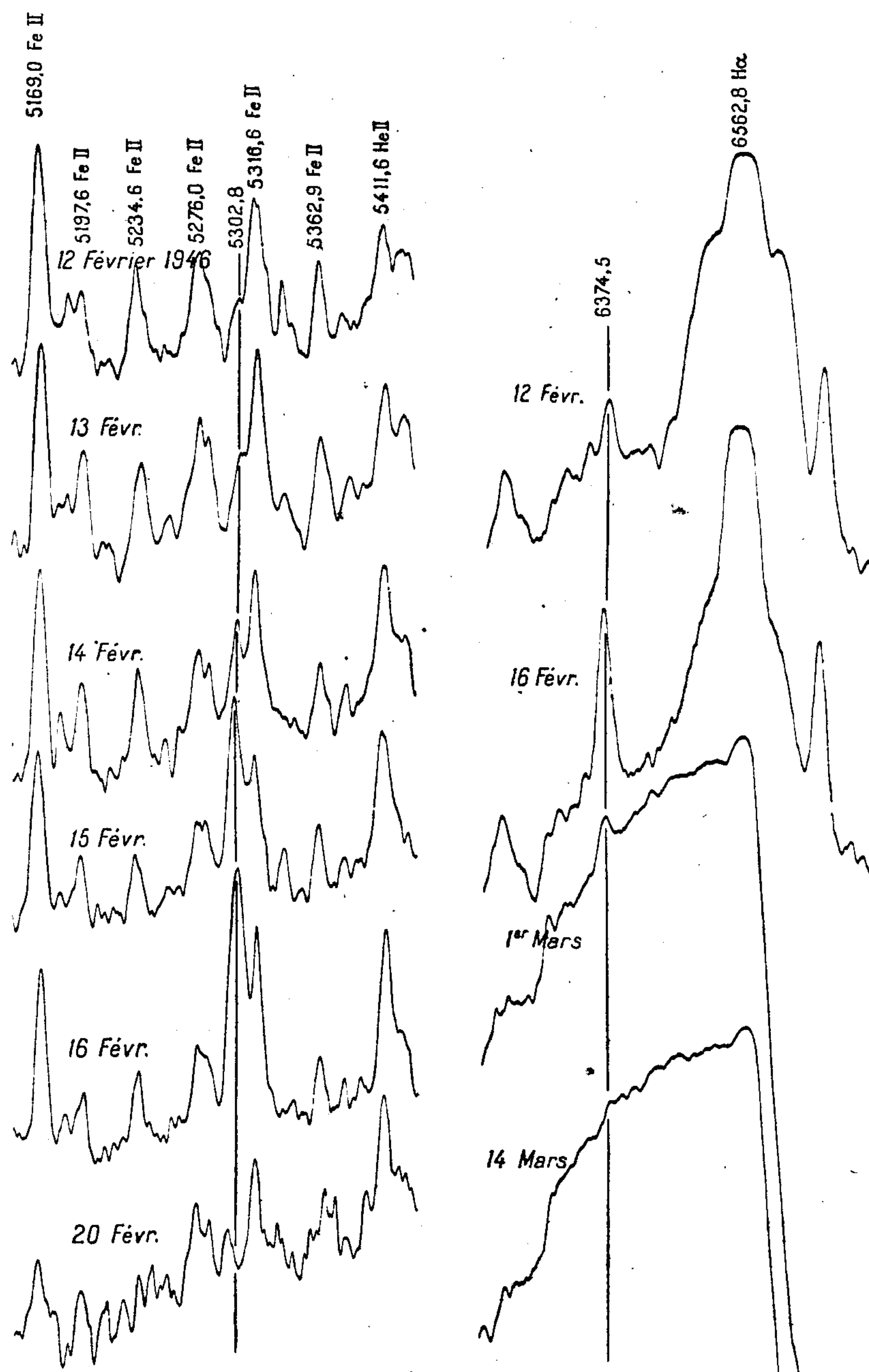
La raie 5302,8 Å n'a fait qu'une apparition beaucoup plus éphémère. A peine soupçonnable le 12 février, elle apparaît le 13 comme un faible accident sur les enregistrements microphotométriques, à côté de la raie Fe II 5316 Å. Bien distincte le 14 février, elle est encore plus faible que la raie 5316 Å, mais le 15 et le 16, elle devient bien plus intense que cette dernière (voir la figure). Le 20 février, la raie semble avoir complètement disparu.

Les mesures faites sur nos meilleurs clichés donnent, pour ces deux raies, les longueurs d'onde 6374,3 Å et 5302,8 Å, si l'on admet que le déplacement dû à la vitesse radiale est le même que pour les raies d'émission de He I, He II et Fe II. Rappelons que les longueurs d'onde mesurées par Lyot (³) dans le spectre de la couronne solaire sont 6374,50 et 5302,83 Å.

Les deux raies 6374 et 5303 Å ont déjà été observées par Adams et Joy (⁴) dans le spectre de R S Ophiuchi, autre nova récurrente, 7 semaines après son maximum de 1933. Les raies coronales 4231, 4086 et 3986 Å étaient aussi visibles, ainsi peut-être que la raie 5536 Å. Sur nos clichés la première est très voisine de la forte raie de Fe II 4233,2 Å. Elle ne paraît pas présente. Pourtant, du 14 au 16 février, la raie du fer montre, sur les enregistrements, une légère inflexion du côté des petites longueurs d'onde, qui pourrait être due à 4231 Å. La seconde, observée à 4086,4 Å, peut aussi être attribuée à OII.

(¹) Séance du 13 mai 1946.
(²) *Zeitschrift für Astrophysik*, vol. 22, 1942, p. 30.
(³) *L'Astronomie*, 51, 1937, p. 203.
(⁴) *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 45, 1933, p. 301.

Enfin la faible raie que nous observons à 3989 Å est déjà assez éloignée de la



Enregistrements microphotométriques des raies 5302,8 et 6374,5 Å dans le spectre de Nova T Coronæ.

raie coronale, de même que la raie assez intense 5533 Å, dont l'attribution demeure douteuse.

ÉLECTRICITÉ. — *De l'influence des champs électriques sur l'extinction des étincelles électriques.* Note (1) de M. Oleg Yadoff, présentée par M. Maurice de Broglie.

M. Aubert a montré (2) qu'un filament porté à l'incandescence dans l'air par le passage d'un courant électrique perd son état d'incandescence quand il se trouve soumis à l'effet d'un champ électrique suffisamment intense.

Nous avons observé un phénomène analogue, notamment pour l'influence du champ électrique sur l'étincelle jaillissant entre deux pointes dans l'air atmosphérique. En effet l'application d'un champ électrique de plus en plus intense, dirigé concentriquement vers l'axe de l'étincelle qui peut être supposée se propager suivant la ligne droite réunissant les deux pointes, a comme résultat l'abaissement considérable de l'éclat de l'étincelle, pouvant atteindre, lorsque l'intensité du champ croît, son extinction complète.

L'appareil que nous avons envisagé pour cette expérience comprend un cylindre de 240^{mm} de diamètre intérieur avec une hauteur de 300^{mm}; la distance entre pointes est réglable. Un dispositif d'aspiration à faible déplacement d'air ascendant et à débit variable permet de maintenir, lors du fonctionnement, la température sensiblement constante dans tout l'espace du cylindre. Dans ces conditions la pression à l'intérieur du cylindre peut être considérée comme invariable et très sensiblement égale à la pression atmosphérique.

L'observation de la décharge se fait de l'extérieur à travers une petite fenêtre munie d'œillères dont l'une débouche vers un appareil photographique et permet le relevé direct des photographies. Les électrodes de décharge sont constituées par deux aiguilles identiques. en platine iridié dont les angles d'ouverture sont établis à 35° environ; elles sont alimentées par des sources électriques, alternatives ou continues, au moyen des procédés courants.

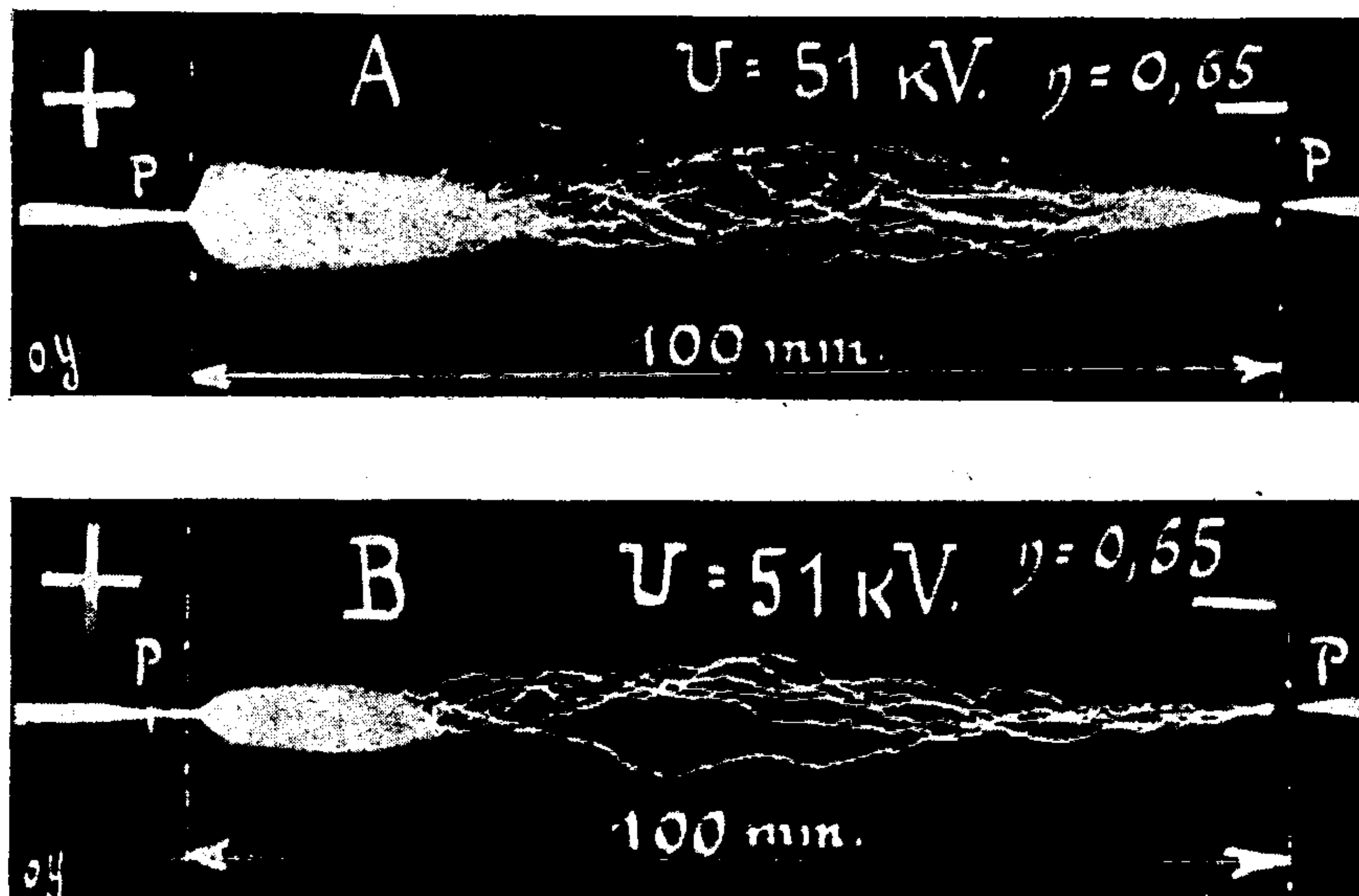
Les électrodes de champ sont constituées, l'une par la paroi du cylindre, l'autre par l'étincelle même jaillissant entre les pointes dont l'une est alors connectée à la terre. Le cylindre est en liaison avec l'un des pôles d'une génératrice électrostatique à haute tension, tandis que l'autre pôle est mis directement à la terre (on peut aussi placer dans l'axe reliant les électrodes une petite pièce conductrice de forme ellipsoïdale très aplatie connectée à la terre, sensiblement à mi-distance entre les pôles de décharge).

Pour les expériences sous tension continue, nous avons utilisé un transformateur muni d'un rhéostat de stabilisation et de mise au point et deux kénotrons protégés par des résistances. On règle sans précautions spéciales la tension appliquée aux électrodes jusqu'à la formation régulièrement répétée des décharges disruptives. La photographie A de la figure ci-contre est relative à une décharge sous 51 kV pour une distance entre aiguilles de 10^{cm} (pression atmosphérique, état hygrométrique 0,60). L'aspirateur permet d'autre part de maintenir la température au sein du cylindre d'expérience à une valeur sensiblement égale à 45° C. Si l'on met en marche la génératrice électrostatique, on constate qu'à mesure que sa différence de potentiel croît, l'éclat de

(1) Séance du 24 juin 1946.

(2) *Comptes rendus*, **216**, 1943, pp. 37-38.

l'étincelle diminue, et lorsque cette différence de potentiel atteint, pour l'appareil considéré, une certaine valeur critique, il se produit l'extinction complète de l'étincelle, de sorte que l'arc se trouve interrompu. La décharge



réapparaît avec la suppression du champ. Le phénomène se produit, quel que soit le sens du champ, entre la paroi du cylindre et l'étincelle en relation avec la terre. Par exemple, lorsqu'on fait croître progressivement la différence de potentiel électrostatique jusqu'à 264 kV, on remarque que c'est sensiblement déjà à la tension de 210 kV que l'étincelle commence à diminuer d'éclat et d'intensité pour disparaître complètement à la tension critique de 264 kV.

La photographie B de la figure représente l'état de l'étincelle soumise à l'action d'un champ de 18 kV:cm environ et montre clairement sa modification structurale. On s'aperçoit qu'à partir de ce moment, il se produit un affaiblissement sensible des lueurs à la cathode qui changent de forme et de volume avec l'accroissement du champ et qui disparaissent quasi totalement à l'anode.

Le rôle de la pression atmosphérique est facilement mis en évidence : la variation de la pression a pour effet de diminuer l'extinction; par exemple en diminuant la pression de l'air, pour maintenir le même effet d'influence du champ électrique, il faut le faire croître dans des proportions sur les détails desquelles nous reviendrons dans une publication ultérieure.

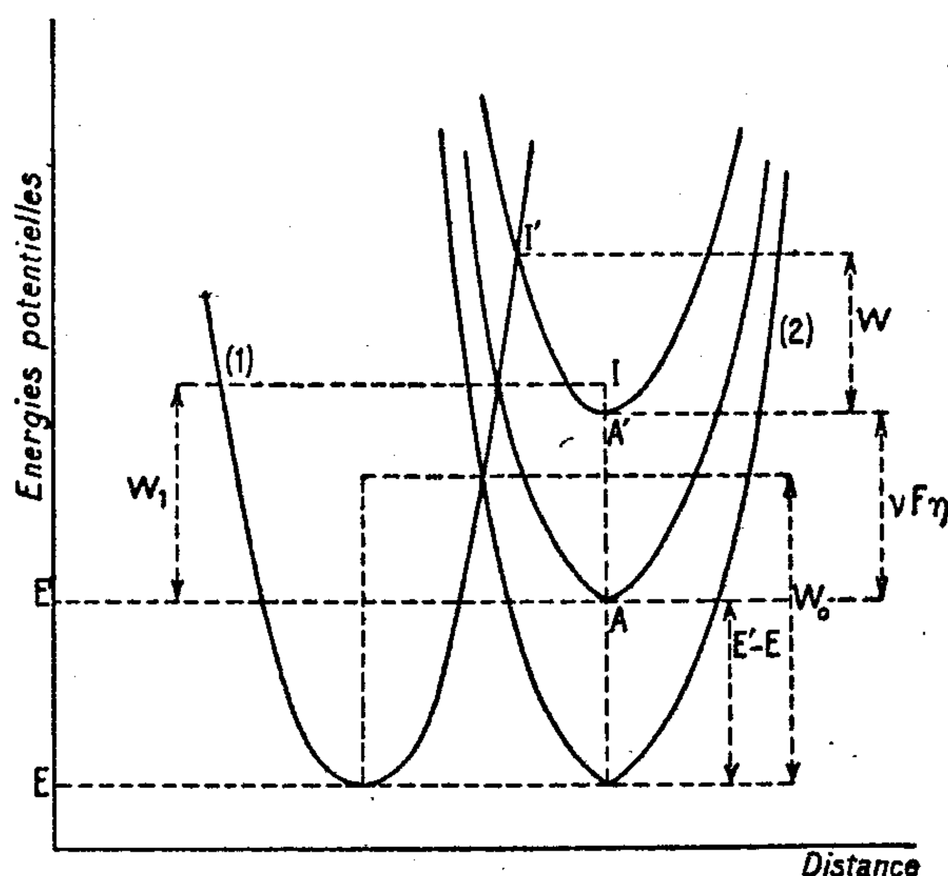
Cette influence transversale du champ électrique sur l'étincelle permet, en agissant progressivement, de suivre de près la variation de la forme d'une étincelle, son éclat et sa résistance propre à partir de sa valeur initiale normale jusqu'à sa complète extinction. Pratiquement ce phénomène peut présenter un intérêt dans la fabrication des disjoncteurs électriques appelés à couper les circuits sous très hautes tensions.

ÉLECTROCHIMIE. — *Relation entre la surtension présentée par une électrode et la densité de courant. Intervention de la structure de l'électrode.* Note [1] de M. MAURICE BONNEMAY, présentée par M. Louis Hackspill.

Il a été montré [2] que la considération des courbes énergie potentielle-distance des complexes électrode-ion permettait d'interpréter simplement les phénomènes de surtension et d'expliquer certains écarts qui semblaient se manifester entre la théorie et l'expérience.

L'énergie mutuelle des systèmes ion-électrode peut se diviser en deux parties, l'une se rapportant à la structure des complexes considérés, l'autre à l'ion qui y est intégré. La surtension dépend donc de la structure de l'électrode et, d'une manière plus précise, de la répartition en fonction de l'énergie, des complexes électrode-ion à sa surface.

a. Courant de décharge. — Le nombre des complexes ion sec-électrode (courbe 1) pour lesquels l'énergie minima est comprise entre E et $E+dE$ est $\Phi(E)dE$, $\Phi(E)$ étant la fonction de répartition. Le nombre des complexes ion solvaté-électrode (courbe 2) dont l'énergie minima est comprise entre E′



et $E'+dE'$ est de même $\varphi(E')dE'$. Le nombre des centres de décharge (un centre étant constitué par l'ensemble d'une courbe 1 et d'une courbe 2) qui correspond aux énergies E et E′ est égal à

$$\Phi(E)\varphi(E')\,dE\,dE'.$$

(1) Séance du 17 juin 1946.

(2) *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 793-795.

Or l'énergie d'activation qui correspond à un centre est

$$W_1 = W_0 - \alpha(E' - E) \quad (^3)\ (fig.) \qquad (\alpha = \text{const.} < 1).$$

Il en résulte que, pour qu'un ion puisse se décharger à partir d'un centre du type (E, E'), il doit posséder l'énergie W_1. Le nombre des ions qui sont dans ce cas est

$$K e^{-\frac{W_0 - \alpha(E' - E)}{RT}},$$

en admettant pour les ions une répartition de Boltzmann; finalement, le courant dû à l'ensemble des centres sera

$$I_d = K\varepsilon\nu \int_0^{\varphi}\int_0^{\varphi} \Phi(E)\varphi(E') e^{-\frac{W - \alpha(E' - E)}{RT}} dE\, dE' \qquad (\varepsilon, \text{ charge d'un électron; } \nu, \text{ valence}).$$

quand la densité de courant a une valeur j, l'électrode présente une surtension η et l'énergie d'activation de décharge $W = W_1 - \alpha\nu F\eta$ [4]; on voit donc que le courant de décharge s'écrira

$$I_d = K\varepsilon\nu \int_0^{\infty}\int_0^{\infty} \Phi(E)\,\varphi(E') e^{-\frac{W_0 - \alpha(E' - E) - \alpha\nu F\eta}{RT}} dE\, dE';$$

par un raisonnement identique on calcule le courant d'ionisation

$$I_i = K'\varepsilon\nu \int_0^{\infty}\int_0^{\infty} \Phi(E)\,\varphi(E') e^{-\frac{W_0 - \beta(E' - E) - \beta\nu F\eta}{RT}} \qquad (\beta = \text{const.} < 1).$$

Le courant total sera

$$(1) \qquad I = \varepsilon\nu\left[\int_0^{\infty}\int_0^{\infty} K\,\Phi(E)\,\varphi(E') e^{-\frac{W_0 - \alpha(E' - E) - \alpha F\nu\eta}{RT}} dE\, dE' - \int_0^{\infty}\int_0^{\infty} K'\Phi(E)\,\varphi(E') e^{-\frac{W_0 + \beta(E' - E) - \beta\nu F\eta}{RT}} dE\, dE'\right].$$

Cette expression se simplifie considérablement quand on peut admettre que α et β sont indépendants des positions relatives des courbes (1) et (2), donc de la densité de courant I; dans ce cas en effet, seule la surtension η dépend de I dans l'expression (1), et l'on peut écrire

$$(2) \qquad I = A e^{\frac{\alpha F\nu\eta}{RT}} - B e^{-\frac{\beta F\nu\eta}{RT}},$$

A et B représentant des sommes doubles indépendants de η et de I, l'expression (2) est l'équation d'Audubert.

Or cette équation a été établie pour les faibles densités de courant et c'est

(3) On montre que, lorsque la courbe 1 reste fixe et que la courbe 2 s'élève de ΔE, l'énergie d'activation de décharge figurée par AI diminue de $\alpha\Delta E$, alors que l'énergie d'ionisation augmente de $\beta\Delta E$ α et $\beta > 0$ et $\alpha + \beta = 1$ théoriquement.

(4) Quand le courant augmente, le potentiel de l'électrode varie de η et l'on admet (théorie d'Audubert) que la courbe (2) subit une translation de $F\nu\eta$.

précisément dans ces conditions que l'on a le droit d'admettre que α et β sont des constantes.

Le précédent calcul montre donc que l'interprétation du phénomène de surtension à l'aide des courbes énergie-distance des complexes ion-électrode conduit à des résultats vérifiés numériquement par l'expérience [la formule (2) est vérifiée dans un grand nombre de cas].

Il donne, d'autre part, pour la formule (1), l'expression la plus générale reliant la densité de courant à la surtension, et il rend compte qualitativement du fait souvent observé expérimentalement que la surtension dépend de la structure de l'électrode.

MAGNÉTISME. — *Action de faibles quantités de magnésium sur les transformations allotropiques du cérium métallique.* Note [1] de Mlle **Françoise Mahn**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le diagramme d'équilibre des alliages cérium-magnésium a été déterminé par Vogel [2], puis par Guertler [3]. Ces auteurs sont d'accord pour admettre, à l'état solide, entre 0 et 4,2 % de magnésium, la présence d'un mélange de cérium libre et d'un composé cérium-magnésium.

On connaît par les travaux de F. Trombe en 1934 [4], puis de F. Trombe et de M. Foex en 1943 et 1944 [5], le domaine d'existence de trois états allotropiques du cérium métallique α, β, γ. A basse température, l'état γ, obtenu par refroidissement rapide du métal, donne la transformation $\gamma \rightleftharpoons \alpha$ caractérisée par une forte contraction (10 %). Celle-ci ne se produit pas à la même température au refroidissement et à l'échauffement. Pour différents facteurs physiques étudiés, dilatation, coefficient d'aimantation, conductibilité électrique, on observe un cycle dont les extrémités sont à 110 et 173° K. Si le cérium est soumis à de nombreuses variations thermiques lentes, il passe à l'état β stable dans la zone de transformation $\gamma \rightleftharpoons \alpha$.

Je me suis proposé de rechercher si la phase cérium libre indiquée par Vogel et Guertler pouvait, même en présence d'un composé cérium-magnésium, prendre les états allotropiques qui caractérisent le métal pur.

Dans ce but, le coefficient d'aimantation χ et les allongements de divers alliages titrant de 0 à 4 % de magnésium, ont été déterminés à température ascendante et descendante entre 78 et 290° K. Le cérium utilisé pour la préparation des alliages contient 0,07 % de silicium et moins de 0,0005 % de fer [6]; le magnésium 0,001 % de fer.

(1) Séance du 24 juin 1946.

(2) *Z. anorg. allgem. Chem.*, **91**, 1915, p. 277.

(3) *Metallographie*, Berlin, 1921.

(4) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1591; F. Trombe et M. Foex, *Ibid.*, **217**, 1943, p. 501; F. Trombe, *Ibid.*, **219**, 1944, p. 96; M. Foex, *Ibid.*, **219**, 1944, p. 117.

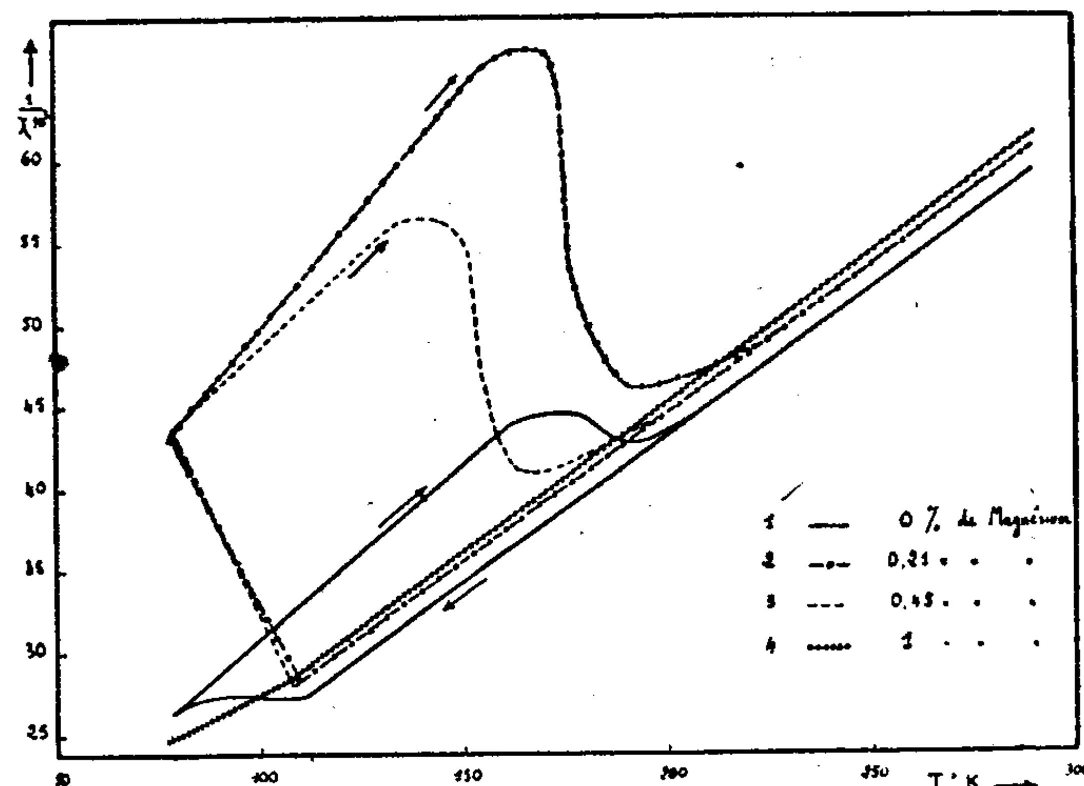
(5) F. Trombe et M. Foex, *Ann. de Chim.*, 11, **19**, 1944, pp. 417-445.

(6) Ch. Henry la Blanchetais, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 313.

Les alliages trempés possèdent les propriétés suivantes :

1° l'amplitude en $1/\chi$ du cycle magnétique caractérisant la transformation $\gamma \rightleftharpoons \alpha$ est *beaucoup plus grande pour un cérium à* 0,21 % *de magnésium* (*courbe* 2) *que pour le métal pur*, étudié par Ch. La Blanchetais ([7]) (courbe 1).

Pour des concentrations en magnésium comprises entre 0,21 % et 1 %, l'amplitude du cycle décroît suivant l'axe des $1/\chi$ et l'axe des T (courbe 3).



Au titre de 1 %, le cycle se réduit à un point et la réprésentation en $1/\chi$ et T est une droite coudée (courbe 4).

2° l'anomalie de dilatation due à la transformation $\gamma \rightleftharpoons \alpha$ est *maximum pour le métal pur*; elle décroît régulièrement avec l'augmentation de la teneur en magnésium et disparaît, comme l'anomalie magnétique, lorsque l'alliage contient 1 % de magnésium.

3° entre 1 % et 4 % de magnésium, les valeurs de $1/\chi$ et les volumes des alliages varient régulièrement en fonction de la température.

Les alliages refroidis lentement passent directement et totalement à l'état β (absence de cycle à basse température). Cet état est d'ailleurs le seul stable à la température ordinaire lorsque le cérium contient du magnésium, même en très faible proportion. Les alliages trempés (γ) se transforment d'autant plus rapidement en état β que le titre en magnésium est plus élevé; lorsque celui-ci atteint 1 %, il n'est plus possible d'obtenir par trempe la variété γ.

En résumé, les domaines d'existence des états allotropiques du cérium sont fortement modifiés par la présence de faibles quantités de magnésium. L'état γ devient instable et les propriétés qui permettent de le définir n'évoluent pas parallèlement. Alors que le cycle de dilatation $\gamma \rightleftharpoons \alpha$ décroît de 0 à 1 % de magnésium, le cycle magnétique correspondant passe par un maximum très accentué pour environ 0,2 % de magnésium.

([7]) *Ibid.*, 220, 1945, p. 392.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Spectres donnés par des réseaux de photogravure; intensités calculées et observées.* Note [1] de Mlle **Gaultier du Marache**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai exposé [2] une méthode d'étude des émulsions photographiques utilisant la diffraction à travers un réseau ou sa reproduction photographique par contact. En lumière monochromatique parallèle, l'ensemble des raies données par le réseau ou sa copie constitue un *spectre monochromatique* que les équations classiques et la transformation de Fourier permettent de relier aux dimensions et à la forme du profil d'un *trait* du réseau.

Il ne sera question ici que des réseaux originaux, réseaux formés par des glaces de trames pour photogravure. J'en ai étudié trois échantillons. Les traits des trames 1 et 2 de plus grandes périodes sont des sillons à section trapézoïdale de 10 microns de creux portant en surface un dépôt opaque en couche extrêmement mince. Les traits de la trame 3 de plus courte période sont des canaux de 17 microns de profondeur limités par des arcs de cercle; la section du dépôt opaque est un croissant ayant au milieu 8 microns d'épaisseur.

La période p du réseau et la largeur a des bandes transparentes ont été mesurées au microscope à réticule micrométrique avec trois sortes d'éclairage en lumière blanche : par transmission, les traits opaques étant noirs sur fond blanc; par diffusion, en éclairage direct, les traits paraissent gris sur fond noir; par combinaison des deux éclairages et contraste de couleur. Les résultats des mesures sont conformes aux déformations classiques des images. J'ai adopté les valeurs moyennes suivantes :

	p	a
Trame 1	$518^{\mu} \pm 2^{\mu}$	$256^{\mu} \pm 2^{\mu}$
» 2	403 ± 2	180 ± 2
» 3	187 ± 3	100 ± 3

La théorie classique des réseaux de ce modèle permet de calculer l'intensité des raies du spectre monochromatique dans l'hypothèse où l'onde lumineuse conserverait son amplitude et sa phase initiales en traversant le réseau supposé plan. Si k est l'ordre d'une raie, son intensité est donnée par la fonction $(\sin X/X)^2$, où X prend les valeurs $X = k\pi a/p$.

Dans le spectre monochromatique ce sont tantôt les raies d'ordre pair, tantôt les raies d'ordre impair qui sont les plus intenses. Les ordres où ces inversions se produisent sont les valeurs entières les plus proches des multiples impairs de $K = \pi p/2(p - 2a)$. Ils constituent un repère commode et fournissent une mesure de la largeur a des bandes transparentes.

---

(1) Séance du 1er juillet 1946.

(2) *Comptes rendus*, 219, 1944, pp. 582-584.

Les spectres monochromatiques réels ont été photographiés sur film. Le film a été étalonné pour permettre l'étude microphotométrique des spectres. Ces spectres monochromatiques réels sont tous différents des spectres monochromatiques calculés précédemment.

Trame 1. — J'ai étudié le spectre jusqu'aux raies d'ordre 80 qui correspondent à un angle $i = 4°50'$. Ce spectre présente trois inversions. Les deux premières, très régulières, donnent pour a la valeur $248,6^{\mu}$. La troisième est mal déterminée, mais donne une valeur voisine de 250^{μ}. Les raies d'une moitié du spectre sont plus intenses que celles de l'autre moitié.

Trame 2. — J'ai étudié le spectre jusqu'aux raies d'ordre 40 correspondant à l'angle de diffraction $i = 3°5'$. Les deux moitiés positives et négatives du spectre correspondent chacune à des valeurs bien déterminées, mais différentes : $a = 169^{\mu},7$ pour un côté, $a = 171^{\mu},0$ pour l'autre.

Trame 3. — J'ai étudié le spectre jusqu'aux raies d'ordre 38 correspondant à $i = 6°24'$. Les inversions ne suivent pas une loi régulière. Le spectre réel ne permet pas de fixer une valeur pour la largeur a des bandes transparentes. De plus ce spectre est dissymétrique.

Les spectres monochromatiques des trames 1 et 2 sont, dans les régions étudiées, identiques à ceux de réseaux de même période et de même type, mais dont les bandes transparentes auraient une largeur un peu inférieure aux largeurs déterminées directement par les mesures effectuées sur la trame. L'écart est de $7^{\mu},4$ pour la trame 1, de $10^{\mu},3$ pour la trame 2. Il est nettement supérieur aux erreurs de mesure et ne peut être attribué à des erreurs de photométrie. La figure de diffraction de la trame 3 est profondément troublée et il est impossible de l'assimiler à celle d'un réseau classique de bandes transparentes.

Les spectres réels présentent d'autre part des dissymétries alors que les spectres calculés théoriques sont parfaitement symétriques.

Dans l'hypothèse classique de la diffraction d'une onde incidente homogène ces différences entre spectres calculés et spectres observés ne peuvent s'expliquer que par un trouble permanent de phase au voisinage du bord des traits opaques. L'examen des trames en lumière parallèle montre qu'il ne peut y avoir diminution de l'amplitude de la vibration dans la zone troublée.

Ces phénomènes peuvent être reliés aux phénomènes de diffraction éloignée produits par une fente unique. Je me permets de signaler ici les avantages que présente l'étude d'un ensemble périodique de fentes sur celle d'une fente unique. La quantité de lumière diffractée est proportionnelle au nombre des fentes et, de plus, elle est concentrée sur un nombre fini de raies, au lieu d'être dispersée en une longue bande continue. J'ai montré (²) que les irrégularités de largeur des fentes, les différences locales d'état physique de leurs bords produisaient une distribution générale de lumière diffuse. Le *spectre monochromatique* est celui de la fente moyenne.

RAYONS X. — *Sur la formation d'images avec les rayons* X. *Possibilité de réalisation de* loupes *et de* microscopes *à l'aide de cristaux*. Note (¹) de Mˡˡᵉ **Yvette Cauchois**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les efforts apportés à améliorer les techniques radiographiques et l'optique électronique semblent justifier une tentative de réalisation de systèmes optiques pour les rayons X. Leur indice diffère si peu de l'unité qu'il est difficile d'envisager des systèmes dioptriques. Mais il est possible de concevoir des systèmes catoptriques où les surfaces réfléchissantes soient des surfaces réticulaires, planes ou non, dans des cristaux plans ou déformés, sur lesquelles les rayons X subissent la *réflexion sélective*. V. Hamos [2] a appliqué un principe de Gouy pour obtenir des *images spectrales non agrandies* d'un petit objet placé sur l'axe d'un réflecteur cylindrique. H. Hulubei [3] et moi-même [4] avons signalé des propriétés de focalisation de lames planes poly- ou monocristallines [5]. Je me suis rendu compte depuis longtemps qu'il existe pour les cristaux courbes, en dehors des propriétés de focalisation des faisceaux monochromatiques sur lesquelles sont basés les spectrographes [6], des propriétés de focalisation des rayons polychromatiques issus d'un point objet. Ces propriétés permettent de construire des systèmes grossissants pour la lumière X.

Des formules semblables à celles des miroirs courbes ordinaires régissent la position et la grandeur des images X données par des cristaux convenablement déformés. Les conditions de stigmatisme et aplanétisme sont analogues. Il faut, de plus, satisfaire à deux conditions évidentes *a priori* : la condition de Bragg doit être réalisée, de préférence en premier ordre, pour un intervalle aussi étendu que possible des fréquences X provenant de l'objet. Pour être observable, l'image X finale doit être réelle et se former en dehors des faisceaux incidents, transmis ou *réfléchis* par d'autres systèmes réticulaires. Les surfaces extérieures du cristal ne sont pas les seuls *miroirs* utilisables. Les surfaces réticulaires internes constituent des ensembles de miroirs orientés; un faisceau X traversant une lame donne naissance à une série de faisceaux *réfléchis*; on peut obtenir une image X plus ou moins nette, pour chaque tache de Laue; pour chacune, le cristal en lame mince joue le rôle d'un dioptre d'indice — 1, quelle que soit sa nature, mica, quartz, sel gemme, Al etc.

(¹) Séance du 1ᵉʳ juillet 1946.
(²) *Journ. Min. Soc. Am.*, **23**, IV, 1928, p. 215.
(³) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 79.
(⁴) *Ibid.*, **198**, 1934, p. 76.
(⁵) Voir G. Orban, *Mat.-naturw. Anz. Ak. Wiss.* (hongrois), **60**, 1941, p. 717.
(⁶) Y. Cauchois, *Ann. de Phys.*, 11ᵉ série, **1**, 1934, p. 215.

L'intensité incidente se répartit malheureusement entre les différents faisceaux diffusés, cohérents ou non. Il existe un très grand nombre de possibilités de réalisations pratiques, impossibles à envisager ici. Voici, pour exemples, quelques résultats d'expériences, avec des lames sphériques et cylindriques. On peut former des images nettes avec la surface concave d'une telle lame sous de grands angles de Bragg, c'est-à-dire soit avec des rayons mous, donc dans le vide; soit avec du rayonnement se propageant dans l'air, mais en réflexion d'ordre supérieur, donc peu intense. Pour éviter ces inconvénients j'utilise une lame par transmission. L'incidence sur la face convexe donne des images réelles, droites, plus petites que l'objet, entre le sommet Σ de la lame et le centre F du cercle de focalisation des spectres qui joue le rôle de foyer pour les plans réticulaires normaux aux faces, ainsi que pour la réflexion sur ces faces. Inversement, l'incidence sur la face concave donne, d'un objet entre Σ et F, des images *droites, réelles, agrandies*.

Les formules habituelles $(1/p)+(1/p')=1/f$; $i/o=p'/p$ s'appliquent, avec des conventions de signes convenables, pour les surfaces de la lame, et pour les plans normaux aux faces ou d'inclinaison α faible; alors $f=f_0 \cos\alpha$. L'image d'un point donnée par l'un des systèmes réticulaires parallèles à l'axe de courbure d'une lame cylindrique est un segment de droite dont la hauteur dépend de la hauteur utile de la lame. On peut obtenir un stigmatisme approché par divers artifices, par exemple l'emploi d'une source linéaire ou d'une fente convenablement placées et normales aux génératrices (*fig.* 1 et 2); le couplage de deux cristaux, etc. On obtiendrait sans doute mieux encore en faisant tourner une section droite de la lame cylindrique autour de son rayon de courbure.

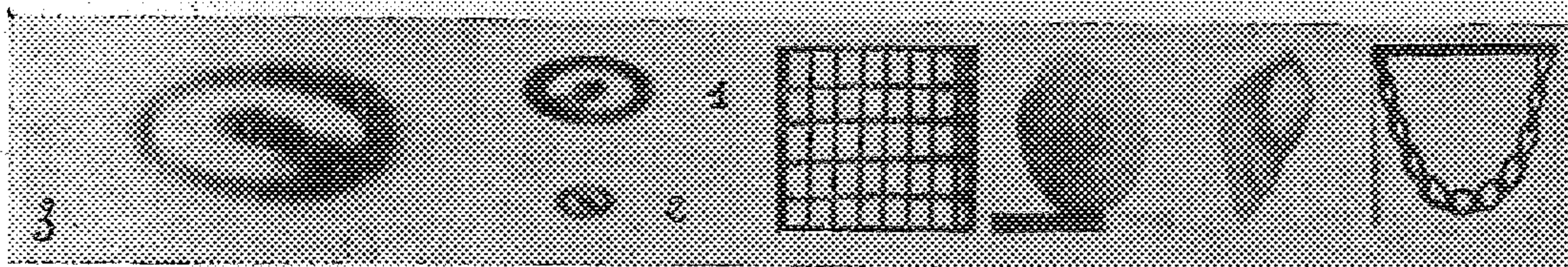


Fig. 1. — Images de la tache focale d'un tube à rayons X à filament spiralé. 1, en vraie grandeur à travers un trou; 2 et 3, données par $(\bar{1}01)$ d'un mica. (Négatifs.)

Fig. 2. — Images d'objets interposés entre la source de rayons X et le cristal. Le grossissement est 1,5 ou 2. (Positifs.)

Reproduction en vraie grandeur.

La qualité de l'image dépend, entre autres, de la qualité du cristal, de la précision des réglages, de la délimitation du cristal ou de la source, toutes conditions médiocrement remplies dans mes premiers essais que l'on améliorera beaucoup sans difficultés. La correction de Johannson sera utile. Une, deux ou plusieurs lames cristallines associées constituent un instrument d'optique. On obtiendra une image réelle très agrandie renversée en interposant une lame convexe entre une première lame concave et l'image réelle qu'elle produit et

qui joue le rôle d'objet virtuel situé entre centre et foyer; il y a là le principe d'un microscope. Les cylindres paraboliques ont des propriétés intéressantes. Des images peuvent se former par réflexions multiples. Les images peuvent montrer des effets de spectres. Ces considérations s'étendent aux ondes de de Broglie. On conçoit des combinaisons des optiques X et électronique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la précipitation de Liesegang et la formation éventuelle d'une deuxième famille d'anneaux principaux.* Note de Mlle SUZANNE VEIL, présentée par M. Charles Mauguin.

La précipitation de Liesegang, par confrontation des réactifs intéressés sur gélatine pure, selon un procédé antérieurement décrit ([1]), se révèle plus complexe que ne le suggère l'examen des anneaux classiques (obtenus par apposition d'une goutte de NO_3Ag sur gélatine imprégnée de $Cr_2O_7K_2$). De manière précise, les présentes expériences ont décelé une deuxième périodicité principale, susceptible d'accompagner la première dans des conditions appropriées.

Attaque à deux gouttes $NO_3Ag—Cr_2O_7K_2$. — L'attaque, par diffusion, de gouttes de NO_3Ag et de $Cr_2O_7K_2$ déposées sur gélatine à 3 ou 4^cm l'une de l'autre, aboutit après quelques heures à l'édification de stries rouges de chromate d'argent, constituant deux zones immédiatement discernables.

Dans celle des deux zones striées qui est à proximité de la goutte de $Cr_2O_7K_2$, on reconnaît les rythmicités de Liesegang classiques, stries rouge brique minces, *en saillie*, avec tapis secondaire sous-jacent.

L'autre zone striée, à proximité de la goutte de NO_3Ag apparaît différente. Les stries ne forment plus saillie, elles sont plus larges, plus diffuses et de couleur moins foncée. La transition d'une zone striée à l'autre est plus ou moins brusque.

Il était intéressant de rechercher si les stries plates signalent ou non une formation d'anneaux distincts des anneaux habituels. Les expériences ci-dessous ont apporté à la question une réponse affirmative, par une observation simultanée des deux familles sur la même préparation.

Observation simultanée des deux familles d'anneaux. — Par interversion des réactifs de la précipitation classique, c'est-à-dire en procédant par dépôt d'une goutte de $Cr_2O_7K_2$ sur une couche de gélatine imprégnée d'une quantité suffisante de NO_3Ag, on parvient à obtenir à la fois les deux séries d'anneaux. En même temps que les anneaux rouge brique habituels, en saillie, la préparation montre d'autres anneaux, plus larges et sans relief, accompagnant les premiers avec un certain décalage. Dans ces expériences aucune formation secondaire sous-jacente n'a été observée.

([1]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1854.

La non-indépendance des deux familles d'anneaux s'accuse nettement sur de telles préparations où les anneaux plats, épousant la forme des anneaux en saillie, en semblent la répercussion fidèle. En d'autres termes les deux familles d'anneaux de chromate d'argent se rapporteraient à des aspects différents, et peut-être successifs, d'une seule et même périodicité des processus.

PHYSICOCHIMIE. — *La théorie de la mésomérie et les structures planes privilégiées du butadiène.* Note ([1]) de M. **Jean Guy**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'expérience nous apprend que les polyènes à doubles liaisons conjuguées sont plans. Certains corps font exception à cette règle, mais un encombrement stérique important (comme dans l'atropisomérie) ou un cycle à fortes tensions de valence (cas du cyclo-octatétraène) contrecarrent alors la possibilité d'existence d'une structure plane.

Il semble donc que la mésomérie entre divers schémas de valence, différant entre eux par les positions des doubles liaisons conjuguées, implique que les structures moléculaires les plus stables correspondent à une configuration coplanaire des noyaux atomiques intéressés. Réciproquement d'ailleurs, si l'existence d'une structure plane est impossible, on constate expérimentalement une sorte d'inhibition au moins partielle de la mésomérie, ce qui se voit notamment par le rejet des spectres d'absorption vers l'ultraviolet plus lointain.

La démonstration générale de cette condition de planéité paraît assez délicate. A titre d'exemple, il est cependant possible de la démontrer rigoureusement pour le butadiène. Pour ce diène nous avons deux schémas de



fonctions de valence φ_1 et φ_2. Nous allons étudier la variation de l'énergie de la molécule en fonction de la torsion θ de la liaison entre les carbones 2 et 3. Nous prendrons comme meilleure approximation de la fonction d'onde la combinaison linéaire normée

$$\Phi = a\varphi_1 + b\varphi_2,$$

satisfaisant à la condition de minimum de la méthode de variation.

L'énergie de la molécule est donnée par

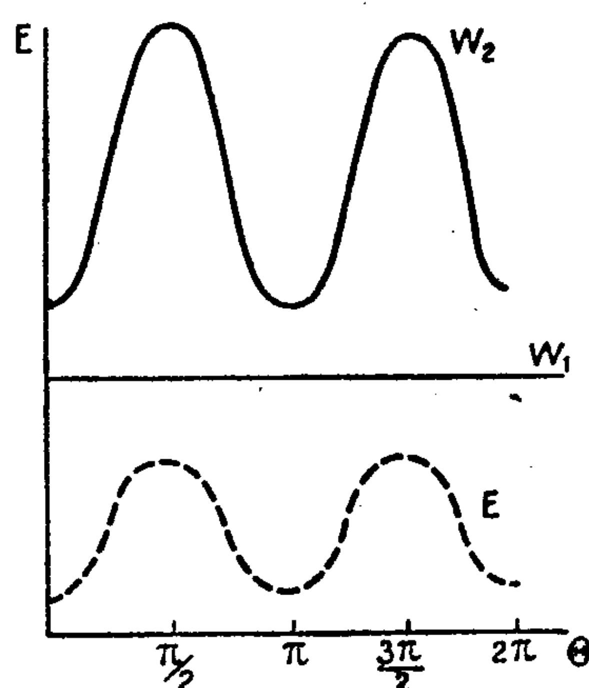
$$E = a^2 W_1 + b^2 W_2 - R,$$

avec

$$W_1 = \int \varphi_1 H \varphi_1 \, d\tau, \qquad W_2 = \int \varphi_2 H \varphi_2 \, d\tau, \qquad R = -2abw = -2ab \int \varphi_1 H \varphi_2 \, d\tau$$

([1]) Séance du 24 juin 1946.

H est l'opérateur hamiltonien du système, W_1 et W_2 sont les énergies attachées aux schémas (I) et (II). Par suite de la libre rotation autour de la simple liaison, W_1 ne dépend pas de θ. Pour le schéma (II), la liaison 2-3 étant éthylénique, W_2 varie sinusoïdalement en présentant deux minima pour les deux configurations *cis* ($\theta = 0$) et *trans* ($\theta = \pi$) par rapport à cette liaison, et deux maxima surélevés d'environ 20 $K_{cal/mol}$ pour les deux configurations perpendiculaires ($\theta = \pi/2$ et $\theta = 3\pi/2$).

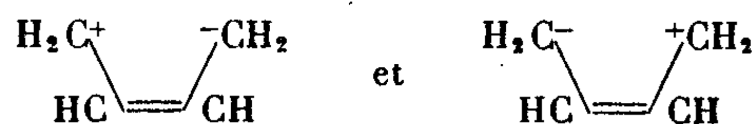


$R = -2abw$ est positif et représente l'énergie de résonance. La valeur absolue de w est maximum pour les configurations coplanaires par suite du plus grand recouvrement des orbites atomiques attachées aux électrons π. Comme W_2, énergie d'un schéma *excité*, reste constamment supérieure à W_1, on a

$$a^2 > \frac{1}{2} > b^2,$$

quel que soit θ. Par suite de la croissance de W_2 lorsque θ varie de zéro à $\pi/2$, la contribution de φ_2 diminue, c'est-à-dire que $|b|$ décroît, tandis que $|a|$ croît corrélativement, la normalisation de Φ entraînant au total la décroissance de $|ab|$. Toutes ces variations agissent donc dans le même sens et l'énergie de résonance est maximum pour $\theta = 0$ et π, minimum pour $\theta = \pi/2$ et $3\pi/2$.

Ces résultats sont reproduits qualitativement par la figure ci-dessus. Les deux configurations planes du butadiène, *cis* et *trans* par rapport à la liaison des carbones 2 et 3, sont des structures privilégiées d'énergie minimum. Le raisonnement s'étend sans difficulté si l'on considère de plus les deux schémas ioniques



et les conclusions sont identiques.

Rappelons pour terminer que Kohlrausch et ses collaborateurs ont mis en évidence par l'étude du spectre Raman ([2]) l'existence des structures planes privilégiées du butadiène.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Une nouvelle réaction colorée du bisulfite combiné et des thiols.* Note ([1]) de M. **Raymond Jonnard**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nos recherches sur l'hydrolyse des protéines ([2]) ont révélé des difficultés lors de la recherche des amino-acides sulfurés. Ainsi la réaction de Sullivan ([3]) pour la cystine est fréquemment négative, alors que la réaction de Mörner ou ses modifications sont généralement positives. Dans ces solutions, où l'absence de cystine et de cystéine peut être rigoureusement démontrée par des techniques appropriées (Hopkins, Pirie, Beveridge et Lucas, Denigès etc.), la réaction au nitroprussiate reste positive, même lorsque la technique plus rigoureuse de Krishnaswamy est mise en œuvre [bibliographie complète dans ([4])]. Cependant la coloration ainsi obtenue est plus stable que celle due à la cystine seule. De plus une réaction identique est également obtenue dans les tubes témoins contenant le sulfite seul. Ces divergences s'expliquent si l'on admet que l'excès de sulfite, ainsi que diverses combinaisons bisulfitiques du type $RS\text{-}SO_3Na$, $R\text{-}SO_3Na$, $R\text{-}SO_2H$ et R-SH (Heffeter) ([5]), ne sont pas entièrement décomposées dans les conditions de la réaction et peuvent encore réduire le nitroprussiate. Cette hypothèse a servi de base à l'établissement de la méthode analytique suivante.

Technique. — Dissoudre (ou suspendre) environ 1^{mg} de substance dans 5^{cm^3} d'eau. Ajouter 1^{cm^3} d'acide chlorhydrique à 10 % et 1^{cm^3} de sulfite ou de bisulfite de soude à 20 % préparé extemporanément. Maintenir à 20-25° pendant 15 minutes (car certains aldéhydes et les sucres réagissent lentement). Ajouter 2^{cm^3} d'ammoniaque concentré. Le pH doit être compris entre 7,5 et 9,0, car l'ion SO_3H^- cesse d'exister à une alcalinité plus grande. Ajouter immédiatement 3^{cm^3} de NaCN à 5 % dans la soude 0,5 N, préparé extemporanément. Chauffer au B.-M. bouillant pendant 15 minutes. Refroidir rapidement. Diviser la préparation en deux fractions. A l'une des fractions ajouter $0^{cm^3},5$ d'une solution fraîche de nitroprussiate de soude à 5 % : une couleur rose se développe immédiatement. La couleur est stable. A l'autre fraction ajouter 1^{cm^3} de la solution de cyanure et chauffer de nouveau pendant 5 minutes pour assurer la destruction de tout sulfite non

([2]) K. Bradacs et L. Kahovec, *Z. phys. Chem.* (B), **48**, 1940, pp. 63-69; K. Kohlrausch, *Oesterreich. Chemik. Ztg.*, **45**, 1942, pp. 1-32.

([1]) Séance du 1er juillet 1946.

([2]) *J. Am. Pharm. Ass. Sc. ed.*, **32**, 1943, pp. 260-278; *Abstr.* 106th *Meet. Am. Chem. Soc.*, Pittsburgh, sept. 1943; *Ind. Eng. Chem. An. ed.*, **17**, 1945. pp. 246-249.

([3]) *U. S. Pub. Health Rep.*, **44**, 1929, pp. 1421-1428; *J. Biol. Chem.*, **116**, 1936, p. 221.

([4]) *J. Am. Ph. Ass. Sc. ed.*, **34**, 1945, pp. 293-295.

([5]) *Chem. Zentr.*, **3**, 1907, pp. 822-824.

combiné. Refroidir immédiatement, et répéter la réaction comme plus haut. La couleur obtenue doit être pratiquement identique à celle de la première fraction. Des tubes témoins contenant les substances mentionnées dans la Table, dans lesquels soit le bisulfite, soit le cyanure et le bisulfite, sont omis, sont incolores ou transitoirement jaunes ou oranges. Le bisulfite employé seul développe toujours une couleur jaune.

d-ribose	rose	Vanilline	orange	Thioacétamide	rouge
Raffinose	»	Furfural	rouge	Méthylisothiourée	»
Maltose	»	Glycérine-furfural	orange	Méthylmercaptobenzothiazole	rose
Tréhalose	»	Chloroéthylformal	♯♯jaune	Diphénylthiocarbaz.	orange
d-galactose	»	Chloral	»	Phénylhydrazine	♯♯♯orange
l-xylose	»	Ald. acétylsalicylique (diacétate)	rose	*p*-nitrophénylhydrazine	rose
Lévulose	»	Acétone	rouge	Indole	violet
l-sorbose	orange	Diacétone-alcool	rose	Scatole	jaune
d-glucose	rose	Dihydroxyacétone	rouge	Tryptophane	»
d-mannose	jaune	Dicinnamylacétone	orange	Ac. indolepyruvique	»
Pentacétylglucose	*jaune	Benzophénone	jaune	Cholestérol	»
Hexosephosphate (Ca)	rose	Benzyl-dioxime	rouge	Phytostérol	»
Glucuronate (Ca)	brun	Cyclohexènedione	orange	Histidine	»
Acide ascorbique	jaune	Xanthone	jaune	*dl*-phénylalanine	rose
Phytine	»	Benzalazine	rose	3.4-dihydroxyphénylalanine	»
Méthanal	♯rose	Guanidine (HCl)	rouge	Méthionine	jaune
Glycérine-formal	rose	Sulfanilamide	»	Cystine	rouge
Hexanal	″rouge	Acétamide	»	Cystéine	»
Heptanal	jaune	5-amino-uracile	rose	Thréonine	rose
Acide glyoxylique	rose	Créatinine	♯♯♯**rouge	Caséine	***rouge
Ald. benzoïque	orange	Alloxane	orange	» hydrolysat	***rose
» *p*-hydroxybenz.	♯♯jaune	Acide *p*-aminophényl acétique	rose		
» *m*-nitrobenz.	rose				
» anisoïque	♯♯brun				

*L'étude du pentacétate de *d*-glucoaldose, de Wolfrom, dans lequel un groupe CHO libre donne une réaction de Shiff positive, serait intéressante.

**La couleur est instable et disparaît en quelques heures.

***Ces échantillons, spécialement purifiés et dépourvus de sucre, ont été décrits et analysés dans (1-3°). Les hydrolysats acides de caséine (18 heures dans l'acide sulfurique 5N bouillant) sont toujours dépourvus de cystine et de cystéine : la réaction est due à la présence d'aldéhydes.

″La couleur vire rapidement au vert.

Les couleurs développées par les aldéhydes et les cétones sont distinctes. Les sucres, à l'exception du *d*-mannose, réagissent positivement, ce qui confirme l'existence de leurs combinaisons bisulfitiques ([6]).

La réaction décrite présente des avantages sur celle de Legal modifiée par Meyer, Studer, Rantzman etc. Elle peut être employée à la détection de l'acide acétoacétique (Harding et Ruttan) et à la recherche de l'acide β-hydroxybutyrique (Hart). Les stérols et certains dérivés de l'indol, qui interfèrent dans la réaction de Legal, développent, au contraire, des couleurs distinctes par la méthode décrite. Dans le cas des aldéhydes, il est probable

([6]) L'addition du bisulfite aux sucres étant conditionnée par la facilité avec laquelle il est possible d'obtenir l'ouverture du noyau pyranosique, ce facteur explique l'absence de réaction avec le *d*-mannose.

qu'une phase intermédiaire de la réaction est la formation d'hydroxysulfones (lorsque les combinaisons bisulfitiques sont amenées au pH 9,0 ([7]).

Les substances marquées ‡ et ‡‡, qui ne donnent pas la réaction de Legal, réagissent ici normalement, sauf en présence de groupes empêchants (substances marquées ‡‡). Au contraire certaines autres (marquées ‡‡‡) qui donnent exceptionnellement une réaction de Legal positive, réagissent d'une façon distincte par la technique décrite. Les thiols donnent des couleurs vives.

L'histidine et la cystine, qui gênent la réaction au nitroprussiate de Sullivan et Mc Carthy pour la méthionine, ne prêtent plus à confusion. Ces résultats prennent de l'importance s'il est reconnu que divers aldéhydes sont toujours présents dans les hydrolysats acides de protéines. Il faut aussi remarquer que les combinaisons de ces aldéhydes avec la cystine et la cystéine libres, qui gênent les déterminations par la méthode de Sullivan et Hess, et par celle de Shinohara, sont décomposées en leurs éléments par le procédé ci-dessus. La réaction décrite est également propice à l'étude de la nature des liaisons $-CH=N-$, $-S-NH-$, $-S-S-$ (dont dépendent les propriétés mécaniques des protéines insolubles) par la méthode au bisulfite combiné [Phillips, Cuthbertson, Lindley etc. ([8])].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de l'action de l'aminoazobenzène sur les aldoses.* Note ([1]) de M. **Jean Guilhot**, transmise par M. Marcel Delépine.

L'aminoazobenzène donne avec les aldéhydes aromatiques des produits de condensation du type iminé; mais il y a pratiquement résinification avec les aldéhydes gras ([2]). La molécule des aldoses étant relativement résistante, il était dans l'ordre logique des choses d'étudier l'action du réactif sur ces composés aliphatiques, à caractère aldéhydique.

L'expérience a montré que cette action est extrêmement lente, même à chaud. Mais après un contact de plusieurs mois à la température ordinaire et au sein de l'alcool, le *l*-rhamnose, le *d*-glucose et le *d*-galactose ont donné lieu avec l'aminoazobenzène à d'abondantes précipitations. La réaction étant possible, nous avons cherché un catalyseur capable d'en accélérer la vitesse. Le chlorure d'ammonium cristallisé a donné de très bons résultats.

Dans un ballon muni d'un réfrigérant à reflux et chauffé au bain-marie sont placées des quantités équimoléculaires d'aminoazobenzène et de l'aldose étudié. Une faible proportion de chlorure d'ammonium solide ($0^g,01$ pour 1^g de sucre)

([7]) Maglio, *Chem. Analyst*, 33, 1944, pp. 83-86.
([8]) *Bioch. J.*, 39, 1945, pp. 7-23.

([1]) Séance du 1er juillet 1946.
([2]) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 146.

est ajoutée, ainsi qu'un volume d'alcool éthylique à 95°, fonction des solubilités du sucre et du produit de la réaction. L'aldose disparaît peu à peu. L'ébullition est maintenue pendant un temps suffisant (de 45 minutes à une heure). Après refroidissement, le produit de condensation se dépose au bout d'un temps plus ou moins long, mais souvent rapidement. Le rendement est excellent. Les composés sont filtrés, lavés à l'eau distillée, puis avec un peu d'alcool, enfin avec de l'éther. Recristallisés dans l'alcool méthylique, ils se présentent sous forme de jolis cristaux jaunes ou orangés, feutrés ou microcristallins. L'analyse fournit pour ces corps une composition permettant bien de les représenter par une formule du type imine ou un schéma du type semi-acétalique (δ par exemple). Pour un hexose, nous pourrons écrire

$$CH_2OH-CHOH-CHOH-CHOH-CHOH-CH=N-C_6H_4-N=N-C_6H_5$$

(forme imine),

et

$$CH_2OH-\underbrace{CH-CHOH-CHOH-CHOH-CH}_{O}-NH-C_6H_4-N=N-C_6H_5$$

(forme δ-oxydique).

Tous ces dérivés fondent à haute température en se décomposant. Le tableau ci-dessous contient quelques caractéristiques des produits obtenus.

Sucre étudié.	Aspect des produits de condensation, examinés au microscope.	Point de fusion corrigé, vers
Arabinose dextrogyre	Beaux cristaux polygonaux orangés, jaunes par transparence................................	203°
Rhamnose »	Fines aiguilles jaunes, groupées en masses fibreuses.	227
Glucose »	» » enchevêtrées..............	199
Mannose »	Aiguilles jaunes, brillantes, disposées en masses fibreuses................................	247
Galactose »	Cristaux orangé-foncé, très fins.................	205

L'hydrolyse de tous ces composés s'effectue aisément par une courte ébullition avec une solution aqueuse d'acide sulfurique à 1 %, ou d'acide oxalique à 5 %. Le sucre initial est ainsi régénéré.

Pour éviter l'emploi de réactifs énergiques, on peut aussi, en milieu alcoolique, déplacer le sucre de son produit de condensation au moyen d'un aldéhyde aromatique. L'aldéhyde salycilique, dont la combinaison avec l'aminoazobenzène est fort peu soluble dans l'alcool froid, donne des résultats quantitatifs.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur l'existence d'un métamorphisme régional dans le Haut-Atlas marocain.* Note de M. **Henri Termier** et M[me] **Geneviève Termier**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

L'examen des roches rencontrées dans le massif même du Tichka nous avait conduits (¹) à l'hypothèse d'un métamorphisme régional antérieur à la mise en place du granite et à son action de contact, certains faciès ne pouvant guère s'expliquer que par une telle superposition de phénomènes. La campagne que nous avons effectuée de septembre à décembre 1945, et qui nous a permis de terminer les cartes pétrographiques du Tichka, n'a fait que confirmer cette manière de voir. On observe en effet que des bandes de terrains métamorphiques se dégagent du massif proprement dit et se poursuivent loin de tout pointement granitique ayant donné une auréole. L'étude détaillée des variétés que nous avons recueillies devant être faite ultérieurement, nous nous bornerons, dans la présente Note, à quelques indications sommaires.

Les *séricitoschistes* affleurent largement au N. W. du massif, dans le bled Aït Zemlal, entre Afensou et Ikkis.

Des roches chloriteuses variées forment, dans la même région, plusieurs affleurements importants, notamment près de Tassa et d'Assif Lalou. Les unes se sont constituées aux dépens de sédiments non calcareux : chloritoschistes et chloritogrès (Tassa), schistes à séricite et chlorite (Tassa, Aït Ba Hammou, Irzer Ouarg, Imi ou Assif), schistes arkosiques chloriteux. D'autres proviennent de schistes et de grès calcaires ou de calcaires gréseux (calcschistes chloriteux d'Inrasdinine où l'on observe des microfailles à schistes à calcite séricite et chlorite, grès calcaires à séricite et chlorite (Tizi Tabgourt), calcaires gréseux et chloriteux (Tizi Tagbourt, Aïn Inrasdinine : ce dernier point a pour coordonnées 450-170, c'est dire qu'il est à 20[km] du granite d'Ikkis).

D'autres enfin, particulièrement riches en chlorite et en magnétite (Tassa), semblent bien résulter de la transformation de plutonites sous l'influence de la chaleur et la pression orientée.

Les *roches amphiboliques* abondent à l'W du massif, en particulier, dans le Haut-Seksaoua. Les unes proviennent de calcaires magnésiens impurs, tels les calcaires roses à lits verts de hornblende (roche ornementale), avec ou sans mica, affleurant près de Tizi Idgal, les autres sont issues de schistes ou de grès calcaires, par exemple les schistes à calcite et à amphibole, les grès amphiboliques à épidote, les grès amphiboliques à calcite et feldspaths et les quartzites à hornblende (Agreskaoune ou cote 3233[m]). D'autres encore représentent

(¹) *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 5 mars 1945, p. 45. Cette hypothèse a été suggérée par l'un de nous dans un rapport déposé en 1940 au Service des Mines du Maroc.

l'évolution de types déjà chloriteux; tels sont les schistes et grès à hornblende, épidote et chlorite, tels aussi les schistes à hornblende et biotite. On observe au voisinage d'Asif Lalou le passage des chloritoschistes aux amphibolites chloriteuses. Certains schistes à hornblende et certaines amphibolites à épidote ou à zoïsites semblent bien être l'aboutissant des transformations subies par des roches éruptives basiques (Talet Tisguine, Irzer Ouarg). Enfin des amphibolites feldspathiques, avec ou sans biotite, affleurent près du Tizi Tizzirt, de l'Azib Aderdour, dAsif Lalou sur le flanc Nord de Ras Moulay Ali, ou cote 3350^{m} et jusqu'à 10^{km} de tout pointement de granite : leur nature ortho ou para ne sera décelée que par des analyses chimiques qui nous manquent encore.

Des *cipolins à épidote* s'ordonnent au SW du massif en plusieurs petites bandes EW, dans le bled Aït Tament (notamment près des villages d'Aït Naceur et d'Aït Youssef), et, au N.W du massif, au N du Tizi Imedlaoune.

Nous arrêterons cette revue, qui est loin d'être exhaustive, avec la mention de faciès curieux affleurant à l'W du massif, entre Timiouine et Ouzagas : à savoir des calcschistes graphiteux et des leptynolites. Entre Tizi Tizzirt et le sommet de Ras Moulay Ali affleurent des roches feldspathisées à biotite, épidote et amphibole sur fond de quartz, intermédiaires entre des micaschistes amphiboliques; et des cornéennes, mais qui gisent trop loin du granite des Agounsane pour que l'on puisse rendre celui-ci responsable de leur métamorphisme.

Plusieurs des faciès observés au J. Tabgourt se poursuivent à l'W du méridien Lambert 178, et la plupart des types que nous avons énumérés se prolongent plus au Sud, vers l'W, dans le massif des J. Tinergouet (3555^{m}) et Aoulim (3470^{m}), qui dominent Taroudant.

Notons enfin que, dans les diverses roches passées en revue, la texture cataclastique n'est pas rare.

Conclusion. — Ces arguments prouvent la réalité d'un métamorphisme régional correspondant à l'épizone de Grubenmann et de Niggli (séricite, chlorite, épidote, zoïste, hornblende, avec du quartz et de la calcite se rencontrant dans la même roche sans avoir réagi l'un sur l'autre). Peut-être les emphibolites feldspathiques appartiennent-elles au sommet de la mésozone. Il est logique de penser, en première analyse, que les bandes de terrains les plus transformées correspondent à des aires anticlinales. Mais ce métamorphisme régional antérieur à la mise en place du granite est oblitéré par les phénomènes de contact, sur une grande étendue, dans le massif du Tichka, autour de quelques pointements granitiques isolés comme celui du Tizi n'Mgaied et même en certains points où le granite n'a pas encore été mis au jour par l'érosion, par exemple, au N du J. Tabgourt (Signal 3205^{m}), où l'on observe des schistes à deux micas et des cornéennes à andalousite sur le flanc SE d'Aourirène.

Pour terminer, il nous paraît probable qu'une telle superposition de métamorphismes doit se rencontrer en des régions du Haut-Atlas autres que le massif du Tichka, et que cette considération permettra d'expliquer l'existence et la liaison de certains faciès pétrographiques (²) qui, à notre avis, n'ont pas encore été correctement interprétés.

PÉTROGRAPHIE. — *Mécanisme de la grésification des lambeaux de grès et de poudingues siliceux dans le Sud du Bassin de Paris.* Note de M. **Paul Jodot**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

De nombreux auteurs ont parlé du mode de concrétionnement de la grésification, mais aucun, à ma connaissance, n'a traité à fond ce sujet. Voici mon interprétation :

Il existe dans le Sud du Bassin parisien, au sein des assises détritiques en place, de nombreux amas de grès et de poudingues siliceux, qui, loin de former des bancs continus, se rencontrent soit en lentilles ou en blocs isolés, disséminés irrégulièrement et déchaussés sans ordre, mais, somme toute, presque en place; soit en blocs résiduels, abandonnés par l'érosion.

Les caractères pétrographiques de ces roches se modifient suivant leurs âges respectifs et suivant le milieu originel (marin, côtier, dunaire ou fluvio-lacustre), auquel elles appartiennent. On distingue des grès à ciment calcédonieux, des grès-quartzites, des quartzites-grès d'aspect lustré et des poudingues à cailloux roulés ou non roulés, dont les gangues appartiennent aux types précédents. Des couches de grès sont parfois interstratifiées dans les poudingues; inversement, il existe des lits de cailloux ou des bancs de poudingue dans les grès.

Le niveau stratigraphique de ces assises siliceuses est essentiellement variable : grès albiens, poudingues à silex des craies turoniennes ou sénoniennes décalcifiées sur place, grès et poudingues fluvio-marins sparnaciens et bartoniens, grès marins stampiens avec ou sans cordons de galets, grès blancs des faciès côtiers de Stampien etc.

Sans entrer dans les détails pétrographiques de ces roches, et quel que soit leur niveau stratigraphique, le mécanisme de leur grésification semble être passé par des phases micrographiques analogues, sinon identiques. Le ciment primordial calcaire a pu exister ou ne s'y trouver qu'à l'état de traces. Peu importe que la silice de la gangue soit d'origine inorganique ou organique, qu'elle ait été empruntée aux grains de sable, ou qu'elle vienne de l'extérieur.

(²) Cette conclusion rejoint une de celles qui sont exprimées par E. Raguin (*Les roches éruptives des environs d'Azgour dans l'Atlas de Marrakech, Maroc, Société géologique de France. C. R. somm.*, 14, 19 novembre 1945, p. 198).

Il suffit que la solution colloïdale siliceuse puisse circuler *librement* entre les grains de la roche non consolidée. Enfin on tiendra compte du fait que les bancs de grès se rencontrent souvent vers le sommet des assises de sables.

La solution siliceuse pénètre, tout d'abord, la couche détritique; après l'avoir imprégnée, elle gagne, dans la partie haute de la formation stratigraphique, le niveau de la nappe hydrostatique, où elle est arrêtée dans sa progression.

Dès ce moment la solution, largement diffusée par la nappe aquifère, subit l'action des phénomènes physicochimiques du lieu, différence de température, pressions moindres, déséquilibre dans la répartition des charges électriques, ainsi que celle d'autres facteurs. Le nouvel *état d'équilibre* agit sur les constituants de la solution colloïdale, car la position de cette dernière est spéciale : jusqu'alors elle ne s'était jamais trouvée aussi près de la surface du sol. La solution, grâce à la *capillarité* de cette zone particulière, offre la situation la plus avantageuse pour son *évaporation* (1) massive; et, comme ce dernier phénomène est directement lié aux fluctuations atmosphériques, il sera facilité, si la roche détritique occupe un emplacement topographique saillant; conditions qui seront encore mieux réalisées si le sol est *émergé*.

A la suite de ces dispositions indispensables, la zone aquifère oscille; elle est successivement mouillée, humide et *sèche*. En même temps, comme la solution colloïdale se concentre, la densité des éléments de constitution favorise la libération des ions Si; les atomes de silice se concrétionnent par oxydation.

Après cette première série de phénomènes, le concrétionnement est peu à peu renforcé par l'afflux d'autres venues périodiques de silice colloïdale, soumises de nouveau à l'évaporation; les particules minérales s'accumulent. Tour à tour le cycle des cristallisations se répète, chacun apportant sa contribution de silice sous forme d'auréoles siliceuses autour des grains détritiques. C'est de cette manière qu'une trame résistante, origine du concrétionnement, commence à se former, et qu'elle continue à s'accroître jusqu'à l'arrêt définitif de la grésification : tandis que le dépôt siliceux atteint son *maximum* d'épaisseur sur la face supérieure de la couche grésifiée, il réalise, en même temps, un accroissement, mais bien plus restreint, dans toutes les directions à la fois sur les autres côtés de la même roche.

Lorsqu'il y a eu variation dans le niveau phréatique d'une nappe, soit sous l'influence de périodes pluviales, soit par suite des modifications d'écoulement pendant les temps géologiques, il a pu se former plusieurs niveaux de concrétions de grès (2).

(1) L. Cayeux (*Roches sédimentaires de France. Roches siliceuses*, 1929, p. 250) mentionne le rôle de l'évaporation dans la consolidation d'un grès actuel sur les côtes de Crète.

(2) J. Gosselet, *Ann. Soc. Géol. Nord*, 35, 1906, p. 359.

Puisque les grès se forment de préférence vers le sommet des couches sableuses, les lambeaux émergés de sable avec ou sans cailloux, non encore soudés par un ciment siliceux, qui couronnent les reliefs topographiques du sol, réalisent les meilleures conditions pétrographiques pour être grésifiées; celles de ces roches qui occupent une position anticlinale jouissent d'avantages incontestables. En fait, dans le Sud du Bassin de Paris, de nombreux amas de grès ou de poudingues quartziteux, mais non pas tous, occupent cette situation tectonique privilégiée sur le tracé des anticlinaux crétacés ([3]); plusieurs lentilles forment des dômes isolés et saillants.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur l'identité structurale des illites et de la bravaisite de Noyant (Allier).* Note ([1]) de M. **André Rivière**, présentée par M. Léon Bertrand.

L'existence de la bravaisite, en tant que minéral argileux caractéristique, ne semble guère avoir été prise en considération par les géologues. Seuls Thiébaut et J. de Lapparent, se basant essentiellement sur des considérations chimiques, rapportèrent à cette espèce minérale, le premier, les minéraux argileux d'un certain nombre de marnes du Bassin de Paris ([2]); le second, les argiles d'El Golea ([3]). Plus récemment Nagelschmidt, d'après un échantillon du British Museum, a décrit la bravaisite comme un mélange d'illite et de montmorillonite ([4]).

M. Orcel a pu étudier un fragment de bravaisite type, provenant du gisement originel de Noyant (Allier), conservé au Muséum sous le numéro 96-134. Un premier spectre Debye-Scherrer ayant révélé la présence de quartz en faible quantité, l'échantillon, mis en suspension, peptisé et dispersé, fut lévigé. Le minéral ainsi purifié donne le spectre D-S caractéristique des illites. Un spectre de bravaisite *orientée* ([5]) montre qu'il s'agit d'une illite typique dont les feuillets présentent un écart réticulaire voisin de 11 Å, *sans alternance de feuillets à 14 et 7 Å.*

Il y a donc identité structurale entre le minéral de Noyant (Allier), dénommé *bravaisite* par Mallard en 1878 et les illites, telles qu'elles sont aujourd'hui

([3]) Un rapprochement s'impose entre les roches précédentes et les gisements de *craie durcie* postérieurement à leur dépôt, qui s'observent dans les anticlinaux des mêmes régions (*C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 6, 1946, p. 156). Des influences physicochimiques de nature analogue ont pu favoriser l'afflux d'une solution carbonatée qui imprègne la boue crayeuse d'une fine cristallisation de calcite secondaire.

([1]) Séance du 24 juin 1946.

([2]) Thiébaut, Paris, 1925.

([3]) *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, 5e série, *Pétrographie*, no 3, 1937.

([4]) *Min. Mag.*, 25, 1940, p. 6.

([5]) Rivière, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1445.

définies (composition chimique variable dans d'assez larges limites). Il en résulte que *le terme illite, créé seulement en* 1937 ([6]), *tombe en synonymie avec la dénomination bravaisite*, laquelle devrait donc être utilisée pour les minéraux de ce groupe minéralogique, tout au moins pour ceux d'entre eux qui sont caractérisés par une épaisseur de feuillets à peu près régulière et voisins de 10-12 Å.

L'étude de plusieurs spectres D-S donne, pour les écarts réticulaires de la bravaisite de Noyant, les valeurs suivantes : TF, large, floue, approximativement 12,1 Å; F 4,5 Å; f 3,72 Å; m 3,55 Å; à pv 3,08 Å; F, 2,60 Å; m 2,42 Å; ttf, large, 2,20 Å; ttf, large, 2,01 Å; f, large, floue, 1,70 à 1,64 Å; F 1503 Å; à pv 1,355 Å; f 1,299 Å. Ces nombres correspondent bien à ceux que donnent en géneral les illites et sont particulièrement voisins de ceux obtenus à mon laboratoire par G. Millot ([7]), pour certaines argiles des marnes de Lorraine, *qui sont donc bien effectivement des bravaisites*. Ils sont également proches de ceux indiqués par J. de Lapparent pour les argiles de El Golea et le terme de bravaisite adopté par cet auteur est pleinement justifié.

Il est intéressant de noter que les paillettes naturelles du minéral de Noyant donnent des spectres semblables à ceux que l'on peut obtenir avec des pellicules d'argile artificiellement orientées. Ce fait montre que ces paillettes sont constituées, comme je l'ai déjà signalé ([8]) pour le minéral E de Brajnikov ([9]) (lequel n'est autre chose qu'une bravaisite ferrifère), par un assemblage de particules ayant en commun la direction de leur clivage principal 001, sans qu'il y ait nécessairement coïncidence des autres directions cristallographiques. Dans certains cas cependant, l'apparition de figures biaxes, en lumière convergente, semble indiquer un début de coordination de ces directions et ce, aussi bien dans des paillettes naturelles que dans des pellicules artificiellement orientées.

GÉOLOGIE. — *La série granitique ultime de l'Aïr au Niger et sa minéralisation stannifère*. Note de M. **Maurice Raulais**, présentée par M. Charles Jacob.

Chargé par la Direction des Mines de l'Afrique Occidentale Française de la carte géologique et de l'exploration minière du massif de l'Aïr, j'y ai identifié la série granitique désignée dans la Colonie Britannique de Nigéria sous l'appellation de *Younger or Plateau Granite*, et j'ai découvert, en mai 1945, une importante minéralisation stannifère indubitablement liée à cette série granitique ultime.

([6]) R. E. Grim, R. H. Bray et Bradley, *Am. Min.*, 22, 1937, p. 813.

([7]) G. Millot, *C. R. Soc. Géol. Fr.*, 4 février 1946.

([8]) Rivière, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 1946 (sous presse).

([9]) B. Brajnikov, *Rev. Géographie physique et Géologie dynamique*, 10, 1937, pp. 1-90 et pp. 109-137, Paris.

Ce granite se présente sous deux faciès principaux : l'un, hyperalcalin à riébeckite et ægyrine, et l'autre, simplement alcalin à biotite; les feldspaths sont l'orthose et l'albite, à l'exclusion des plagioclases calciques; les quartz sont presque toujours à extinction nette.

Il forme dans l'Aïr des massifs de quelques dizaines de kilomètres de diamètre, surgissant brusquement et dominant de 5 à 600^{m} la haute pénéplaine environnante constituée de schistes cristallins et de *vieux* granites subalcalins. Jusqu'à présent je n'ai étudié en détail que trois de ces massifs : le Damagaram autour de Zinder et, dans l'Aïr, le Tarraouadji, à 60^{km} à l'Est-Nord-Est du poste d'Agadès et les Baguezans à 50^{km} au Nord-Est du précédent.

Le Damagaram et les Baguezans sont exclusivement constitués de granite hyperalcalin et je n'y ai trouvé aucune trace de cassitérite; en revanche, le Tarraouadji présente à la fois le faciès hyperalcalin stérile et le faciès simplement alcalin qui s'est révélé stannifère.

La cassitérite se trouve soit à l'état libre, soit enrobée dans du quartz, dans les alluvions et sur les pentes d'une zone de granite à biotite d'environ 45$^{km^2}$; sa couleur est noire bleuâtre, et les morceaux de plusieurs kilogrammes sont fréquents; le plus gros trouvé jusqu'à ce jour pèse 37^{kg}.

La cassitérite se présente également en place; j'en ai trouvé un gîte qui, en plan, affecte la forme d'un neck elliptique de 1^{m} à 1^{m},50 de diamètre; la cassitérite est associée à un agrégat quartzeux. Le gisement est auréolé d'une zone d'altération du jeune granite alcalin à biotite. Cette zone a une forme allongée d'environ 16^{m} de longueur avec une largeur assez irrégulière de 2 à 5^{m}.

A côté de la cassitérite j'ai trouvé des gîtes distincts d'ilménite, d'oligiste, ainsi qu'un petit gisement de galène associée à de la malachite et de l'azurite.

M. A. Lacroix (1) a fait ressortir combien était vaste, dans le Centre-Nord et dans le Nord-Est de l'Afrique, la répartition des granites ou microgranites hyperalcalins qui sont connus en Nigéria (Plateau de Bauchi), au Niger (Aïr, Zinder, Meunie), dans les territoires du Sud Algérien (Ahaggar), dans le désert de Lybie (Djebels Ouénat et Kissou), en Éthiopie (Horst dankali) et en Arabie; on connaît également (2) des granites hyperalcalins jusque dans le Sinaï. Il serait intéressant de savoir si, de même qu'en Nigéria et en Aïr, les faciès hyperalcalins à riébeckite et aegyrine signalés en ces nombreux points ne seraient pas associés à un faciès simplement alcalin à biotite, qui aurait alors quelques chances d'être minéralisé en cassitérite. En ce qui concerne les territoires français, il semble que la question mérite d'être étudiée attentivement dans l'Ahaggar et également au Cameroun, où l'on exploite de la cassitérite depuis vingt ans, ainsi qu'en Afrique Équatoriale Française.

Enfin mes études n'ont porté jusqu'à présent que sur des régions qui ne

---

(1) *Volcanisme et Lithologie, in* Dalloni, Mission au Tibesti (*Mém. Acad. Sc.*, **61**, 1934, pp. 302 à 364).

(2) L. Picard, *Bull. of the géol. Dep. Hebrew Univ.*, Jérusalem, **3**, III-IV, 1941, p. 6.

permettent pas de préciser définitivement l'âge de ce dernier granite. On sait qu'à Zinder il est recouvert en transgression par du continental intercalaire antécénomanien; en revanche il y est intrusif dans des grès-quartzites très redressés, d'âge encore indéterminé. En outre, aucune intrusion granitique n'a jamais été signalée dans les formations primaires du Tassili Oua N'Ahaggar situé entre l'Aïr, l'Ahaggar et l'Adrar des Iforhas au Soudan. Aussi serais-je tenté de classer dans le Précambrien le granite ultime du Niger, et je me propose d'en rechercher des galets dans le conglomérat de base des grès inférieurs du Tassili Oua N'Ahaggar.

GÉOLOGIE. — *L'âge de la dalle nacrée et de l'oolithe ferrugineuse du Jura méridional.* Note de M. **Henri Tintant**, présentée par M. Charles Jacob.

Le Callovien du Jura méridional a fait jadis l'objet d'importantes études de P. Choffat ([1]) et de A. Riche ([2]), qui y distinguent :

un Callovien inférieur, correspondant à la zone à *Macrocephalites macrocephalus,* représenté au Nord par la dalle nacrée, et au Sud par la formation connue sous le nom d'oolithe ferrugineuse du Bugey;

un Callovien moyen, ou zone à *Reineckeia anceps,* formé par des alternances de marnes et de calcaires marneux, se chargeant vers l'Est, dans la région des Hautes Chaînes, d'oolithes ferruginenses;

enfin un Callovien supérieur, formé par la zone à Peltoceras athleta, attribué actuellement à l'Oxfordien.

Ainsi la dalle nacrée et l'oolithe ferrugineuse du Bugey seraient deux faciès d'une même zone, passant latéralement l'un à l'autre. Une étude détaillée du Callovien de cette région m'a amené à rejeter cette opinion.

I. *Dalle nacrée.* — Bien représentée au Nord de la ligne Bourg-Nantua et à l'Ouest de la ligne Nantua-Saint-Claude, elle fait défaut partout ailleurs. Le faciès caractéristique (calcaire miroitant à nombreux débris d'Échinodermes) est loin d'être constant; il forme des îlots au sein de calcaires oolithiques ou zoogènes, prolongeant exactement le faciès des terrains bathoniens sous-jacents qui, eux-mêmes, présentent fréquemment des aspects très comparables à la dalle nacrée typique (environs de Nantua par exemple).

Cependant à la base de celle-ci on observe toujours une importante surface de discontinuité, avec de nombreuses perforations de mollusques Lithophages, des tubes de Serpules et des grandes Huîtres fixées sur une épaisse croûte ferrugineuse. Mais de tels hard-grounds sont fréquents dans tout le Bathonien supérieur et même au sein de la dalle nacrée et ils n'ont qu'un faible intérêt au point de vue stratigraphique.

La faune, surtout riche en Brachiopodes, contient environ 80 espèces parmi lesquelles : *Macrocephalites macrocephalus* Schlot., *M.* (*Kamptocephalites*) *herveyi* Sow, *Sphæroceras microstomum* d'Orb., *S. bombur* Opp., *S.* (*Morrisites*) *bullatus* d'Orb., *Reineckeia*

([1]) *Mém. Soc. Émul. du Doubs*, 5e série, 3, 1878, p. 79.
([2]) *Ann. Univ. Lyon*, 6, III, 1893.

(*Kellawaysites*) *greppini* Opp., *Perisphinctes* (*Siemiradskia*) *aurigerus* d'Orb.. *P.* (*Orionoides*) *orion* Opp. *Rhynchonelloidea cerealis* Buck., *Holectypus depressus* Lesk., *Hyboclypeus gibberulus* Ag., *Echinobrissus clunicularis* Ph., etc...

C'est là la faune classique de la Zone à *M. macrocephalus*, correspondant exactement à l'Upper Cornbrash des auteurs anglais.

2° *Oolithe ferrugineuse du Bugey.* — C'est un calcaire très marneux, riche en grosses oolithes ferrugineuses, souvent glauconieux à la base. Son épaisseur dépasse rarement 1m. Le plus souvent, il repose directement sur le Bathonien supérieur. Mais vers le Nord, on le voit se superposer à la dalle nacrée (Revermont, par exemple), tandis qu'à l'extrême-sud, aux environs de Lhuis et sur la bordure du plateau de Crémieu, il repose sur des marnes blanchâtres alternant avec des bancs minces de calcaire blanc rosé dans lesquels j'ai trouvé *Macrocephalites macrocephalus*.

La faune de ce niveau, extrêmement abondante, est riche surtout en Céphalopodes parmi lesquels : *Macrocephalites macrocephalus* Schlot., *M.* (*Dolicephalites*) *Canizzaroi* Gem., *M.* (*Pleurocephalites*) *grantanus* Opp., *M.* (*Kamptocephalites*) *herveyi* Sow., *Kepplerites goweri* Sow., *K.* (*Sigaloceras*) *callovierisis* Sow., *Cosmoceras* (*Zugocosmoceras*) *jason* Rein., *C. Gulielmiceras*) *gulielmi* Sow., *Reineckeia anceps* Rein., *R.* (*Reineckeites*) *douvillei* Stein., *R.* (*Kellawaysites*) *greppini* Opp., *Proplanulites kœnighi* Sow. et de nombreuses espèces de *Perisphinctes* et d'*Hecticoceras*.

La présence de nombreux Macrocephalitidés avait conduit Choffat et Riche à attribuer cette formation à la Zone à *M. macrocephalus*. Mais, mélangés aux fossiles de cette Zone, dès la base de l'oolithe et parfois dans les mêmes échantillons, on en trouve d'autres indiquant un âge plus récent : forme de la Zone à *Kepplerites calloviensis* (*K. calloviensis, K. gowreri, Proplanulites kœnighi*) et même forme de la Zone à *Reineckeia anceps* (*R. anceps, R. liffolensis, Cosmoceras Jason*).

Il est logique de dater cette formation par les fossiles les plus récents qu'elle renferme. Elle appartient donc à la Zone à *R. anceps* et les fossiles antérieurs proviennent de sédiments plus anciens. Beaucoup présentent d'ailleurs des traces évidentes de remaniement, particulièrement ceux de la Zone à *M. macrocephalus*, qui présentent fréquemment un remplissage interne calcaire bien différent de la gangue oolithique qui les renferme.

Nous sommes ainsi amené *à donner à la dalle nacrée et à l'oolithe ferrugineuse des âges nettement différents*. Un fait confirme cette conception. A Germagnat, dans le Revermont, on trouve, entre la dalle nacrée et l'oolithe, ici très réduite, un banc de calcaire qui offre une petite faune parmi laquelle : *Macrocephalites macrocephalus* Schlot., *Kepplerites gowreri* Sow., *K.* (*Sigaloceras*) *calloviensis* Sow., *Reineckeia kiliani* P. et Bon., *Proplanulites koenighi* Sow. etc.

Cette couche représente la Zone à *K. calloviensis*, c'est-à-dire l'équivalent exact des Kellaway Rocks du Wiltshire.

En résumé, la zone à *M. macrocephalus* est représentée uniquement par la dalle nacrée au Nord et les calcaires de Lhuis au Sud. Partout elle est intimement liée au Bathonien : même faciès, mêmes conditions de sédimentation.

La Zone à *K. calloviensis* n'existe qu'à Germagnat. Partout ailleurs elle fait défaut. Il y aurait donc à ce niveau une importante lacune.

Enfin les faciès à oolithes ferrugineuses ne débutent en aucun point avant la Zone à *R. anceps*.

GÉOLOGIE. — *Sur les variations sylvatiques flandriennes dans le Jura français.* Note [1] de M. **Fridolin Firtion**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Aux connaissances fort sommaires que nous possédions sur l'histoire forestière flandrienne du Jura français [2] j'adjoins ici celles qui se dégagent de l'étude pollenanalytique d'une partie du matériel tourbeux rassemblé au cours de deux campagnes de sondages effectuées en 1945 et 1946.

Les résultats que j'utilise à cet effet se rapportent à 13 tourbières étagées en altitude comme suit :

plus bas que 700^m, La Vèze (Marais de Saône) (390^m), Andelot-Dessous (600^m);

de 700 à 900^m, Chaffois (820^m), Seigne des Guinots et le Russey (870^m), Le Narbief et Prénovel (880^m), Arc-sous-Cicon (800^m), Charquemont (898^m);

de 900 à 1000^m, Mouthe (920^m), Arsure-Arsurette (930^m);

plus haut que 1000^m, Bois-d'Amont (1050^m), Le Gardot (1230^m).

Leurs tourbes sont généralement hypno-caricières à la base, sphagneuses au sommet. Cependant à Charquemont la masse tourbeuse est entièrement formée de Sphaignes et de Linaigrettes. Dans l'ensemble elles sont riches ou assez riches en pollens à l'exception de celle de La Vèze et de la partie inférieure de la tourbière de Bois d'Amont.

L'histoire forestière qui se dégage de la lecture des diagrammes polliniques comporte les phases suivantes :

1° Pin dominant, Bouleau, Coudrier, Chênaie-Mixte, Sapin, Épicéa;

2° Coudrier (1re poussée) avec Pin, Chênaie-Mixte, Sapin, Épicéa;

3° Chênaie-Mixte (avec parfois 2e poussée du Coudrier) souvent peu marquée, sauf à Prenovel où elle est bien épanouie;

4° Sapin ou Sapin-Hêtre-Épicéa;

5° Hêtre-Sapin-Épicéa; phase généralement fruste marquée par une poussée du Hêtre, qui est rarement dominant; elle est cependant très nette au Narbief où elle revêt une certaine importance;

6° Sapin-Épicéa-Hêtre ou Épicéa-Sapin-Hêtre, ensemble représenté dans toutes les tourbières étudiées sauf à La Vèze; phase particulièrement nette à Prénovel et à Bois d'Amont;

7° Phase terminale avec poussée de Pin.

Cette histoire correspond au point de vue climatique aux périodes : boréale (phases 1 et 2), atlantique (phases 3 et 4), subboréale (phase 5) et subatlantique-actuelle (phases 6 et 7), du Flandrien.

Les fluctuations de l'Épicéa offrent ici un intérêt particulier, car le Jura est à la limite occidentale d'extension naturelle de cet arbre pendant le Flandrien. Cette essence apparaît

---

[1] Séance du 1er juillet 1946.

[2] G. Dubois, Mme C. Dubois et F. Firtion, *Rev. Sc. Nat. Auvergne*, N. S., **9**, 1943, pp. 44-50.

très tôt dans les différentes tourbières étudiées, sauf à La Vèze, où elle est absente Sa courbe d'extension est assez régulièrement ascendante à partir de la période atlantique où ses pourcentages polliniques sont voisins de 10 et 20, jusqu'à la période subatlantique-actuelle avec des pourcentages polliniques de 45 à 60 (Prénovel et Bois d'Amont).

En résumé, l'histoire forestière flandrienne du Jura français est très voisine de celle de la Suisse, notamment par le grand développement que prend l'Épicéa jusqu'à 20^{km} au moins à l'ouest de la frontière franco-suisse. Elle diffère très apparemment de celle des Alpes de Savoie ([3]) par une apparition plus précoce et un développement de l'Épicéa plus progressif, sans la mutation forestière brutale du Sapin faisant place à l'Épicéa qu'on observe en Savoie. Elle diffère également de toutes les autres régions montagneuses françaises par la présence de cet arbre qu'on ne connaît pas à l'état spontané dans la sylve flandrienne, fossile et actuelle, ailleurs qu'au Jura et en Savoie.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur l'utilisation des bigrilles-électromètres à grille isolée et à plaque fortement négative en électricité atmosphérique.* Note ([1]) de M. **Jean Lacaze**, présentée par M. Charles Maurain.

L'isolement de la grille extérieure isolée d'une bigrille est de l'ordre de 10^{15} ohms (J. Dubois, *Annales d'Astrophysique*, 3, 1940), et sa variabilité est essentiellement due aux phénomènes superficiels ou extérieurs : conductibilité des dépôts, organiques ou humides, et de l'air.

D'autre part les résistances de fuite (ou de polarisation) introduisent des constantes de temps prohibitives si elles dépassent 10^{11} ohms ([2]), et sont alors infiniment variables (variation de résistance propre et non superficielle ou extérieure).

Mais, si l'on polarise une grille de bigrille à l'aide d'une résistance de 10^{11} ohms, le courant de cette grille est, à voltage égal, 10000 fois celui de la grille isolée, ce qui est inacceptable pour des mesures de potentiel ([3]) ou de charges ([4]).

Par contre l'utilisation simultanée d'une grille extérieure isolée GE et d'une plaque P fortement négative réduit encore le courant de GE; *la tension fortement négative de la plaque a le même effet qu'une augmentation considérable de l'isolement de* GE, et diminue par là-même l'importance de la variabilité éventuelle de cet isolement.

Les précautions usuelles de nettoyage et de blindage électrostatique étant

([3]) G. Dubois et Mme C. Dubois, *Rev. Sc. Nat. Auvergne*, N. S., 6, 1940, pp. 53-80.

([1]) Séance du 1er juillet 1946.

([2]) A. Rogozinski et L. Goldstein, *Cahiers de Physique*, octobre 1941, pp. 25-37.

([3]) P. Idrac, *Mémorial de l'O. N. M.*, 1928.

([4]) A. Rogozinski, *Journal de Physique* et *le Radium*, 7, 1940, p. 285.

prises, cette disposition présente, en plus de la nécessité d'enregistrer le courant de chauffage, le défaut suivant : dans les recherches sur le gradient g du potentiel électrique de l'atmosphère ([5]) ou de la conductibilité électrique λ de l'air ([6]), il peut se faire que GE soit portée à un potentiel tel ou reçoit des charges telles que la caractéristique potentiel GE/courant de grille intérieure GI ne permette plus la détection de phénomènes anormaux (très grandes valeurs de g ou de λ); cela tient à ce que cette caractéristique a la forme d'une courbe en cloche à branches asymptotiques rapidement quasi parallèles à l'axe des abscisses.

Cependant, en utilisant l'une des régions les plus obliques de la caractéristique, dans lesquelles on peut aisément placer le potentiel d'équilibre de GE, il est possible de déceler, à l'aide d'un galvanomètre même peu sensible (Tinsley permettant d'apprécier $2,5.10^{-8}$ ampère) une variation du potentiel de GE égale à 1/100 de volt.

La sensibilité est proportionnelle à la capacité C_0 de GE, et, en ce qui concerne les mesures de λ, inversement proportionnelle à la capacité C_1 de l'armature interne du Gerdien et au carré de la différence entre le potentiel instantané de GE et son potentiel d'équilibre.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Les oxydations en fonction de la tension de l'oxygène chez les homéothermes. La* loi des tailles. Note ([1]) de M. **Jean Giaja**, présentée par M. Paul Portier.

A une température donnée, inférieure à la neutralité thermique, la consommation normale d'oxygène d'un homéotherme nécessite une certaine tension de ce gaz, au-dessous de laquelle les oxydations sont plus ou moins entravées. Ainsi, par exemple, un Rat de 270^g, accusant à la température ambiante de 18° une consommation de 1292^{cm^3} d'oxygène par kilogramme-heure, a besoin d'une tension d'oxygène de 95^{mm} de Hg. Lorsque l'on fait baisser la tension au-dessous de cette valeur, la consommation baisse et l'hypothermie apparaît. Dans ce cas le quotient $1292/95 = 13$ exprime l'effet de l'unité de tension sur l'intensité des oxydations dans les conditions normales de thermorégulation à la température extérieure de 18°. Comment se comporte ce *baroquotient* en fonction de la taille des homéothermes? On sait que dans un même milieu thermique l'intensité des oxydations intraorganiques est d'autant plus élevée que la masse de l'homéotherme est plus faible. Ainsi une Souris de 25^g consomme 4320^{cm^3} d'oxygène par kilogramme-heure à la température ambiante

([5]) P. Lejay, *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 2171.
([6]) J. Lacaze, *ibid.*, **222**, 1946, p. 1242.

([1]) Séance du 3 juin 1946.

de 18°, c'est-à-dire plus que trois fois autant que le Rat. Cette consommation élevée de la Souris est assurée par une tension-limite de 85^{mm}. D'où pour la Souris le quotient 4320/85 = 50. Ainsi à la même température extérieure l'effet de la tension de l'oxygène sur la consommation de ce gaz est de 13 chez le Rat et de 50 chez la Souris.

A travers ces faits, que l'on constate également chez les oiseaux, on voit s'esquisser une *loi des tailles* concernant le rapport entre la consommation d'oxygène et le minimum de tension nécessaire pour cette consommation. *Ce rapport a une valeur d'autant plus élevée que la masse corporelle de l'homéotherme est plus faible.*

Cette loi était à prévoir, comme le montre jusqu'à l'évidence la considération suivante. L'Homme, avec sa consommation de 200^{cm^3} d'oxygène par kilogramme-heure dans des conditions de thermorégulation à peu près semblables à celles dans lesquelles le Rat consomme 1292^{cm^3} et la Souris 4320^{cm^3}, aurait besoin d'une tension d'oxygène de quelques millimètres seulement, pour que chez lui le rapport entre la consommatiou et la tension fût du même ordre de grandeur que chez ces animaux, c'est-à-dire une tension bien inférieure à celle compatible avec la vie.

D'après ce que l'on sait sur l'apparition de l'hypothermie chez l'Homme sous l'effet de la dépression barométrique (Paul Bert; Behague, Garsaux et Richet fils), on peut admettre qu'aux températures moyennes la tension-limite nécessaire à la consommation normale d'oxygène est du même ordre de grandeur que chez le Rat et la Souris. En admettant la valeur de 90^{mm} (pression barométrique 450^{mm}, altitude au-dessus de 4000^{m}), le quotient qui, chez la Souris et le Rat, a respectivement les valeurs de 50 et de 13, aurait chez l'Homme la valeur de 200/90 = 2,2. Tout approximative qu'elle soit, cette estimation chez l'Homme, ne permet pas moins d'affirmer que le quotient en question ne saurait chez lui atteindre, de près ni de loin, les valeurs qu'il a chez les homéothermes de faible taille.

Une remarque est à faire : le quotient exprimant le *rendement de la tension de l'oxygène* augmente chez un homéotherme donné avec l'intensité de ses échanges (Chevillard, Hamon et A. Mayer). De sorte que, pour avoir des valeurs comparables chez des homéothermes de différente taille, on devrait les placer non pas à la même température ambiante, mais à des températures qui, chez chacun d'eux, exigent le déploiement d'une même fraction de leur marge de thermogénèse. Dans ce cas la Souris devrait être placée à une température plus élevée que le Rat, afin que ces deux homéothermes fussent dans des conditions semblables de thermorégulation. On obtiendrait alors pour la Souris un quotient moins élevé, mais qui d'aucune façon ne saurait tomber à la hauteur du quotient du Rat (de 50 à 13). Ou bien, si la Souris est à 18°, le Rat devra être à une température de plusieurs degrés plus basse, pour qu'il se trouve dans la même position que la Souris entre son métabolisme de base et son métabolisme

de sommet. Mais, même en plaçant le Rat tout près de son métabolisme de sommet, son baroquotient n'atteint pas la valeur du même quotient chez la Souris à 18°, ainsi que le montre l'expérience suivante. Un Rat placé à la température de — 2° accuse une consommation de 4493^{cm^3}, c'est-à-dire à peu près la même que la Souris à 18°. Pour cette consommation le Rat a besoin de 138^{mm}, d'où le quotient 32. Donc, malgré les conditions plus favorables à un quotient élevé par rapport à la Souris, le rendement, pour une même consommation, est de 32 chez le Rat et de 15 chez la Souris.

Si, au lieu de rapporter la consommation à la masse, on la rapporte à la surface corporelle, on voit les différences concernant le baroquotient s'atténuer dans la même mesure que celles des échanges. C'est-à-dire que l'on retrouve la *loi des surfaces* pour le rapport entre la consommation d'oxygène et la tension.

Toutes les surfaces (pulmonaire, vasculaire ...) étant, théoriquement, pour des organismes géométriquement semblables, dans le même rapport avec la masse que l'est la surface du corps, on peut admettre que c'est le rapport entre les surfaces de pénétration et de contact et la masse dans laquelle s'opèrent les oxydations qui est le facteur dominant de l'effet de la tension sur l'intensité des oxydations dans l'organisme homéotherme.

BIOLOGIE PHYSICOCHIMIQUE. — *Sur un antigène lipoïdique extrait du Bacille tuberculeux.* Note (1) de Mlle **Nine Choucroun**, présentée par M. Robert Courrier.

Depuis qu'il a été montré, pour le pneumocoque d'abord, pour d'autres bactéries ensuite, que l'antigène spécifique de l'immunité pouvait être un hydrate de carbone, l'attention des chercheurs s'est portée sur les *hydrates de carbone* du Bacille tuberculeux. Le haut degré de réactivité de certains des hydrates de carbone isolés avec les sérums d'animaux tuberculeux, a fait sans cesse soupçonner que cette fraction du bacille de Koch devait jouer un rôle important dans le processus de la formation des anticorps. Aucune démonstration de ce fait n'avait pu jusqu'ici être apportée.

L'objet de cette Note est de montrer qu'un complexe d'hydrate de carbone et de lipoïde, extrait du Bacille tuberculeux, est capable de déterminer la formation d'anticorps, quand on l'inocule à des animaux normaux.

Les expériences qui ont conduit à ce résultat ont été poursuivies, utilisant comme matériaux d'investigation les deux fractions biologiquement actives qui ont été obtenues à partir d'un extrait huileux de cadavres bacillaires tuberculeux (2). L'une de ces fractions est appelée *toxique*, car une dose aussi

(1) Séance du 24 juin 1946.

(2) Nine Choucroun, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1757; *ibid.*, **210**, 1940, pp. 511 et 749; *Science*, **98**, 1943, p. 327.

faible que 1/500 de mg (injectée en suspension dans l'huile de paraffine, dans le péritoine d'animaux sains) suffit à provoquer l'apparition de lésions pulmonaires. L'autre fraction, appelée fraction *sensibilisante,* est capable de développer l'hypersensibilité à la tuberculine (et aussi au Bacille tout entier) chez les animaux normaux qui recoivent seulement 1/10 de milligramme de cette fraction suspendue dans l'huile de paraffine. Ces deux fractions ont été trouvées dans l'extrait huileux. Je rappelle que cet extrait huileux avait été préparé en vue d'élucider le mécanisme par lequel l'huile de paraffine exhalte le pouvoir des Bacilles morts, en ce qui regarde l'hypersensibilité tuberculinique et la production de lésions à distance. Nous avions supposé, et nous avons trouvé, que l'huile de paraffine extrait ces deux fractions des cadavres bacillaires. Toutes deux ont été précipitées de l'extrait huileux par le dioxane.

La fraction *toxique* est la portion de ce précipité soluble dans le chloroforme, après que ce précipité a été soigneusement lavé par le dioxane et l'alcool méthylique. C'est un polysaccharide ester de l'acide mycolique qui, après purification, contient encore 1,02 % d'azote et 0,53 % de phosphore. La fraction sensibilisante est la partie du précipité insoluble dans les solvants organiques usuels. Elle contient une forte proportion de protéines.

Des expériences préliminaires avaient fait supposer que la fraction sensibilisante développait aussi la résistance à l'infection. Des Cobayes normaux, préalablement préparés avec cet antigène sensibilisant, avaient montré un haut degré de résistance quand ils reçurent plus tard, dans le péritoine, une dose de 1/10 de milligramme de Bacilles vivants peu virulents H-37.

Dans les expériences suivantes, les Cobayes normaux furent préparés par une fraction sensibilisante déjà plus purifiée. Les animaux hypersensibilisés reçurent alors des Bacilles de grande virulence H-160 Corper. Ils montrèrent un certain degré de résistance, non seulement par leur survie, mais aussi par le degré de tuberculose de leurs organes. Cependant, en dépit du fait que dans quatre expériences successives, comprenant chacune au moins 15 animaux sensibilisés et 15 contrôles, la dose infectante a été abaissée jusqu'à 1/50 000 de milligramme, ces animaux hypersensibilisés n'ont pas montré la même résistance à l'infection que celle montrée par les animaux qui avaient été sensibilisés avec une fraction sensibilisante moins purifiée. Il était clair que, dans la fraction sensibilisante, *autre chose que l'antigène sensibilisant était responsable du haut degré de résistance à l'infection primitivement observée.*

D'autre part les animaux inoculés avec la fraction *toxique seule,* montraient une excellente résistance à l'infection quand ils étaient infectés plus de trois mois après avoir été inoculés par cette fraction *toxique.*

Enfin il y avait aussi quelque évidence que le complexe hydrate de carbone lipoïde constituant la fraction *toxique* déterminait chez l'animal neuf l'apparition d'anticorps. *Des Cobayes inoculés avec cette fraction* toxique *aussi bien que*

des Cobayes turberculeux, réagissaient davantage à l'injection intracutanée de quelques gamma de cette fraction que des animaux normaux.

Ces observations nous conduirent à penser que la résistance acquise développée chez les Cobayes par la fraction sensibilisante pouvait bien être due à la quantité même faible de fraction *toxique* probablement retenue dans le composé protéinique insoluble constituant la fraction sensibilisante.

Ces spéculations reçurent un puissant appui quand, récemment, nous fûmes à même de montrer que la portion hydrosoluble de l'hydrolyse de la fraction *toxique précipitait fortement les sérums de Cobayes et de Lapins qui avaient été inoculés avec le complexe seul.* Des précipitations nettes furent obtenues à des dilutions aussi élevées que 1/10000000 avec certains de ces sérums. De fortes précipitations furent également obtenues avec le sérum antibacille humain de Cheval (sérum aimablement donné par M. Heidelberger), et aussi avec le sérum de Lapins qui avaient reçu des Bacilles humains et aviaires cultivés sur le nouveau milieu *tween* 80, récemment décrit par R. H. Dubos et B. D. Davis (³).

Ce résultat est la première démonstration qu'un complexe hydrate de carbone-lipoïde, *soluble dans le chloroforme,* isolé du Bacille tuberculeux, fonctionne comme un antigène quand on l'injecte à des animaux normaux. Nos expériences montrent que cet antigène joue un rôle certain dans le processus du développement de la résistance à l'infection par le Bacille tuberculeux. Par là, il peut être déjà un matériel précieux d'investigation, un test, permettant de déceler la présence et de suivre le développement d'anticorps liés à l'immunité.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le mécanisme d'action des sulfonamides.* Note de M. **David Libermann**, présentée par M. Maurice Javillier.

La théorie de Woods (¹) et Fildes (²), suivant laquelle la sulfanilamide interfère avec l'acide *p*-aminobenzoïque dans la formation d'un enzyme, est généralement admise. Elle laisse pourtant sans explication certains faits expérimentaux, et se trouve souvent en contradiction avec la réalité.

En 1943, Auhagen (³) trouve que le facteur H′ de Woods est en réalité l'acide *p*-aminobenzoyl-*l*-glutamique et que ce dernier est dix fois plus actif que l'acide *p*-aminobenzoïque. Or l'acide *p*-aminobenzène-sulfonyl-*l*-glutamique, qui devrait représenter une fraction plus importante de l'enzyme hypothétique, est dépourvu de toute activité bactériostatique (⁴).

Les relations quantitatives existant entre l'acide *p*-aminobenzoïque et la sulfanilamide

(³) *Jour. Exp. Med.*, **83**, 1946, p. 409.

(¹) *Brit. J. exp. Path.*, **21**, 1940, p. 74.
(²) *Lancet*, **1**, 1940, p. 955.
(³) *Hoppe-Seylers Z.*, **277**, 1943, p. 197.
(⁴) Dewing, Gray, Platt et Stephenson, *J. Chem. Soc.*, 1942, p. 239.

contredisent également cette théorie. Kuhn ([5]) tente d'expliquer cela par la différence d'affinité de ces deux produits pour la Bactérie. Enfin la spécificité de cette action réciproque est très limitée. On a trouvé de nombreux corps agissant comme antisulfonamides, et de nombreuses sulfonamides sans sensibilité pour l'acide *p*-aminobenzoïque. Le fait que les sulfonamides aient aussi une action bactéricide ([6]) parle également contre cette théorie.

Une nouvelle théorie, simple hypothèse de travail, paraît mieux cadrer avec les faits expérimentaux jusqu'ici connus. D'après elle, les sulfonamides interviennent dans la répartition de l'eau oxygénée existant dans l'organisme soit à l'état naissant, soit à l'état lié : pour cela, elles s'attaquent à la peroxydase sanguine, protégée par l'acide ascorbique. Or les sulfonamides n'ont pas prise sur ce dernier; par contre elles réagissent facilement avec son produit d'oxydation, l'acide déhydroascorbique, qui est en équilibre avec lui dans l'organisme.

En effet, si l'on ajoute à une solution aqueuse d'acide ascorbique des traces d'un sel ferrique et un peu d'eau oxygénée, la solution prend la teinte bleue du complexe entre le fer et l'acide déhydroascorbique. Si l'on ajoute alors une solution saturée de sulfanilamide, la teinte bleue disparaît instantanément. Neutralisée au bout de quelque temps, la solution abandonne un corps cristallisé, insoluble, dont la quantité augmente avec le temps.

L'acide *p*-aminobenzoïque et les produits analogues agissent comme antioxydants et empêchent l'acide déhydroascorbique de se former. Ceci explique pourquoi de petites quantités d'antisulfamide sont capables de bloquer l'action bactériostatique d'une masse importante du médicament, l'action anti-oxygène étant une action catalytique.

L'acide ascorbique étant bloqué, l'eau oxygénée oxyde la sulfonamide en dérivé azoxy correspondant ([7]), en une réaction irréversible [Lévitan et ses collaborateurs ([8])].

Là ne s'arrête pas l'action de la sulfanilamide, puisqu'elle peut attaquer l'oxyhémoglobine, formant soit la méthémoglobine, soit la coproporphyrine III.

La Bactérie, ayant besoin d'eau oxygénée et surtout de peroxydase, ne peut plus se multiplier en aérobiose.

Si l'on associe à la sulfanilamide un agent goîtrigène, son activité est décuplée. La glande thyroïde, ayant besoin de peroxydase pour réaliser la synthèse de l'hormone, incite l'organisme à la formation de nouvelles quantités de peroxydase; l'agent goîtrigène, en privant la glande d'iode organique, supprime ce besoin. Ainsi la sulfonamide et le goîtrigène agissent en synergie. On a prouvé dernièrement que l'aminothiazol est un goîtrigène ([9]), et qu'en sa présence la glande thyroïde n'élabore plus l'hormone ([10]). Reste à prouver que

---

([5]) *Ber. d. chem. Ges.*, 74, 1941, p. 1065.
([6]) Colebrook et Cawston, *Lancet*, 1, 1945, p. 394.
([7]) A moins que ce ne soit en 4-amino-5-phénolsulfonamide.
([8]) Lévitan, Kolthoff et collab., *J. Am. chem. Soc.*, 65, 1943, p. 2265.
([9]) Rivet, *Presse médicale*, 47, 1945, p. 640.
([10]) Joliot-Curie et collab., *Soc. Méd. des Hôp. de Paris*, séance du 18 mai 1945.

aminopyridine, aminopyrimidine, aminopyrazine, aminothiodiazol sont eux aussi des goîtrigènes : l'iode en solution alcaline oxyde facilement les amines hétérocycliques en dérivés bicycliques.

Les homosulfanilamides agissent sur les Bactéries anaérobies et non sur les aérobies : l'éloignement plus grand des deux azotes ne permet pas la réaction avec l'acide déhydroascorbique. Ces corps attaquent non pas la peroxydase, mais la catalase, dont le rôle est de détruire l'eau oxygénée libre. Les aérobies ne pouvant pas se développer en présence de celle-ci, la bactériostase a lieu. Si l'on associe les goîtrigènes aux homosulfanilamides comme le marfanil, l'activité disparaît, les deux composants agissant en opposition : des produits de ce genre, préparés par Bergeim et Braker ([11]), se sont révélés inactifs.

La sulfamidorésistance peut s'expliquer en partie par le passage des aérobies facultatifs en anaérobiose.

PARASITOLOGIE. — *Un nouvel acarien parasite du Rat blanc.* Note ([1]) de M. **Jean Guilhon**, présentée par M. Émile Roubaud.

La gale de la variété albinos du Surmulot, décrite par Mégnin, en 1880, est provoquée par le parasitisme cutané du *Notoedres alepis* découvert, en 1864, par Legros et bien étudié, en 1893, par Railliet et Lucet. Depuis cette époque, il est classique d'admettre qu'il n'existe chez le Rat blanc, fréquemment utilisé dans les laboratoires, qu'une seule gale, dite notoédrique, qui se manifeste par des lésions hyperkératosiques localisées aux régions glabres. Cependant, nous avons eu l'occasion de constater, en 1941, dans un élevage de Rats blancs, à l'École vétérinaire d'Alfort, une enzootie de gale très meurtrière, dont les caractères cliniques s'apparentaient plutôt à ceux des gales sarcoptiques des mammifères qui sont, hormis deux exceptions, d'emblée extensives. Étonné par cette similitude symptomatique, nous avons effectué plusieurs prélèvements pour rechercher le parasite en cause. Nous avons alors eu la surprise d'observer un acarien nettement différent du Notoèdre sans écailles ou *Notoedres alepis* Railliet et Lucet 1893, mais très voisin, par sa forme générale et par les caractères de son ornementation dorsale, des nombreuses variétés humaine et animales du *Sarcoptes scabiei* Latreille 1806.

Depuis le travail de Railliet et Lucet, aucun acarien psorique nouveau n'ayant été décrit chez le Rat ([2]), nous avons pensé qu'il pouvait s'agir soit

([11]) *J. Am. chem. Soc.*, 66, 1944, p. 1459.

([1]) Séance du 1er juillet 1946.

([2]) W. Schurmann a bien signalé, en 1909, une gale sarcoptique du Rat, mais l'auteur en donne une description qui correspond à celle de la gale notoédrique classique, connue depuis les travaux de Megnin et Railliet et Lucet.

d'une nouvelle variété de *Sarcoptes scabiei*, propre au Rat, soit d'une nouvelle espèce parasitaire.

L'étude morphologique comparée que nous avons effectuée nous incline à penser qu'il s'agit bien d'un Sarcopte, mais différent de l'espèce *Sarcoptes scabiei* Latreille 1806. La femelle du *Sarcoptes* sp. n. se différencie surtout des variétés du *Sarcoptes scabiei* par l'absence de cônes et d'épines sur la face dorsale, par le plus grand nombre de soies, aussi bien dorsales que ventrales, et par une quantité moindre d'écailles dorsales. Si l'on ajoute à ces différences, faciles à observer, l'absence d'ambulacres à la quatrième paire de pattes du mâle, il paraît possible d'admettre que l'acarien que nous avons trouvé, chez le Rat blanc, puisse se ranger dans le genre *Sarcoptes*, mais qu'il ne saurait être considéré comme une variété murine du *Sarcoptes scabiei*. Il est, en effet, aussi différent de n'importe quelle variété de *Sarcoptes scabiei* que l'est le *Notoedres alepis* des diverses variétés du *Notoedres cati* Hering 1838. Pour toutes ces raisons il nous semble devoir constituer une nouvelle espèce qui pourrait se nommer : *Sarcoptes anacanthos* ou Sarcopte sans épines. Cette désignation semble préférable à celle de *Sarcoptes ratti* qui pourrait laisser croire à l'existence d'une nouvelle variété de *Sarcoptes scabiei* propre au Rat. Le nouveau parasite répond à la description zoologique suivante : mâle 150 à 180^{μ}; femelle 200 à 300^{μ}; corps ovalaire, étranglé postérieurement chez la femelle, arrondi chez le mâle, marqué de plis tégumentaires parallèles, interrompus sur la partie médiane de la face dorsale, où s'insèrent environ 40 écailles, à pointes postérieures, disposées en rangées linéaires; onze paires de soies dorsales et six paires ventrales; absence de cônes notothoraciques et d'épines notogastriques; sternite de l'armature génitale du mâle plus ou moins uni aux épimères des pattes postérieures; anus au bord postérieur de la face ventrale; ventouses aux deux premières paires de pattes seulement, dans les deux sexes.

Cette nouvelle espèce de Sarcopte parasite de la couche cornée de l'épiderme du Rat blanc paraît incapable de se multiplier chez l'Homme, le Chien, le Chat, le Lapin, le Cobaye et la Souris. Il peut, néanmoins, provoquer du prurit chez ces diverses espèces et des altérations cutanées fugaces.

Conclusions. — La variété albinos du Surmulot (*Mus decumanus* Pallas) peut être parasitée par deux acariens psoriques de la famille des Sarcoptidés, le Notoèdre sans écailles ou *Notoedres alepis* Railliet et Lucet 1893 et le Sarcopte sans épines ou *Sarcoptes anacanthos* sp. n. Il s'ensuit que le Rat blanc peut être atteint de deux gales, d'une gale sarcoptique des régions pileuses, à évolution rapide, le plus souvent fatale, et de la gale notoédrique classique différente, par ses caractères cliniques et sa gravité, de la précédente.

MICROBIOLOGIE. — *Relations entre les rendements azoté et matériel de croissance des cultures de Staphylocoques.* Note [1] de MM. **Auguste Sartory**, **Benoit Wurtz** et Mlle **Thérèse Malenge**.

Les déterminations de rendement matériel de croissance, effectuées dans les microorganismes, ont pris naissance à la suite des travaux de Raulin sur l'*Aspergillus niger.* Elles ont été rendues possibles grâce à l'emploi d'un milieu de culture de composition exactement connue, renfermant une source alimentaire carbonée unique, dosable à n'importe quel moment du développement. Or des recherches parallèles, concernant la croissance des Bactéries et notamment le rendement matériel de croissance, sont restés très rares, ainsi que le constate J. Monod. Cet auteur s'est proposé, non de combler cette lacune, mais de grouper un certain nombre de données qui pourront apporter des indications utiles pour les recherches plus complètes qui s'imposent. Le petit nombre de celles-ci s'explique par la double difficulté de déterminer d'une façon commode et précise la quantité de matière vivante bactérienne formée, et surtout la quantité d'aliment utilisée au cours de la croissance. En effet, si la première difficulté est surmontable, la deuxième le paraît plus difficilement lorsqu'on ne connaît pas de milieu synthétique permettant de cultiver la bactérie envisagée. C'est pourquoi il a paru intéressant de rechercher, dans le cas général, si la culture sur le traditionnel *bouillon de viande* permettrait la détermination d'un rapport de croissance.

En dosant la quantité d'azote total initial du milieu, puis celle restant au moment où l'on arrête la culture, on détermine la consommation d'aliment azoté à deux conditions : 1° celle d'arrêter la culture avant que l'autolyse ne commence, sinon les déchets azotés des cellules mortes viendraient s'ajouter au chiffre de l'azote total restant. Cette condition est réalisée aussi longtemps que la culture se trouve en phase de croissance active, celle que Monod appelle la *phase exponentielle*, qui se termine lorsque le maximum de récolte est atteint; 2° les synthèses protoplasmiques se faisant à partir d'un aliment à la fois carboné et azoté, s'accompagnent de mise en liberté de quantités assez importantes de NH_3. Cette forme d'azote n'étant plus utilisable, il est nécessaire de la retrancher de la quantité d'azote total restant au moment où l'on arrête la culture pour connaître la quantité d'azote réellement utilisée dans la synthèse de la matière vivante. Il reste alors à déterminer la teneur de celle-ci en azote total : le rappôrt de l'azote alimentaire utilisé à l'azote vivant synthétisé est une fonction du rendement matériel de croissance, à condition que la teneur en azote de la bactérie soit constante.

Pour effectuer d'une façon commode et précise des déterminations systé-

---

(1) Séance du 1er juillet 1946.

matiques, il a fallu établir au préalable une courbe de croissance étalonnée, valable pour la bactérie étudiée, ici le Staphylocoque doré. La croissance étant évaluée au photocolorimètre, chaque division de la graduation correspond à un poids sec de bactéries, déterminé une fois pour toutes, après centrifugation, par pesée. Simultanément on a déterminé la quantité d'azote correspondant au même poids sec : cette teneur est effectivement constante et voisine, quel que soit le milieu envisagé et l'âge de la culture (celle-ci ne dépassant jamais 72 heures), de 18, 3 % ; l'écart maximum entre diverses déterminations atteint 1,2 % (18, 52 % et 18, 1 %). Une simple lecture au photocolorimètre indique donc, par référence à la courbe-étalon, la quantité d'azote microbien synthétisée. On détermine dans le milieu de culture l'azote total restant, par la méthode de Kjeldahl, et de ce chiffre on retranche l'azote ammoniacal dosé après distillation. L'azote initial du bouillon a été déterminé une fois pour toutes.

Le chiffre obtenu pour le rendement azoté d'une culture de Staphylocoque sur bouillon de viande glucosé à 2 % a la valeur

$$r = \frac{74}{1670 - (1440 - 125)} = 0,20$$

N.....	initial.	microbien.	restant.	NH_3.
Milligrammes.........	1670	76	1440	125

Or ce chiffre, retrouvé dans toutes les expériences semblables à celle-ci, est très sensiblement du même ordre de grandeur que ceux traduisant le *rendement matériel* de diverses cultures microbiennes, valeurs établies par Monod dont voici quelques exemples :

B. subtilis, 0,20; *B. coli*, 0,24; *B. Typhi-murium*, 0,23.

Ainsi il se trouve que le rendement azoté traduit, à peu de chose près, le rendement matériel de croissance. Étant donné qu'il est possible de l'établir pour n'importe quel milieu naturel tel que le bouillon de viande, sa détermination systématique permettrait de combler la lacune signalée par J. Monod ([2]).

Il suffira, pour montrer l'intérêt de cette détermination, de citer l'un des résultats qu'elle a permis d'établir. Le rendement des cultures de Staphylocoque sur bouillon pur est très mauvais :

$$r = \frac{55,8}{1670 - (650 - 235)} = 0,05$$

N.....	initial.	bactérien.	restant.	NH_3.
Milligrammes.........	1670	55,8	650	235

Il suffit de diluer le bouillon au demi par exemple, pour voir le rendement

([2]) *Recherches sur la croissance des cultures bactériennes*, Paris, 1942, p. 52.

doubler

$$r = \frac{38,4}{835 - (630 - 98)} = 0,12.$$

Cette expérience prouve, en accord avec ce que l'on sait de l'utilisation des aliments carbonés par l'*Aspergillus niger*, qu'une trop forte concentration initiale en aliment, qu'il soit carboné ou azoté, provoque une consommation de luxe, expliquant le faible rendement de la première des deux expériences précédentes.

A 15^h55^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h20^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 29 avril 1946.)

Note de MM. *Pierre Tauzin* et *Léonce Rault*, Influence de quelques facteurs sur la photophorèse des particules en suspension d'air :

Page 1038, lignes 25 et 26, *lire* les particules les plus grosses sont repoussées par la lumière, alors que les plus petites sont attirées.

(Séance du 13 mai 1946).

Note de M. *Auguste Chevalier*, Sur deux arbres remarquables de la Forêt du Gabon :

Page 1152, lignes 8 et 9 en remontant, *au lieu de* longues de 6 à 10^{mm}, *lire* longues de 6 à 10^{cm}; ligne 7 en remontant, *au lieu de* corolle blanche, à 4 pétales petits, filiformes et l'étendant plus grand, élargi au sommet, étamines 10, à anthères rouges, *lire* calice, corolle et base des étamines soudés en périanthe, 5 sépales, 5 pétales, 5 étamines; la plante paraît ainsi distincte du genre *Brachystegia* et doit constituer le genre nouveau *Zingania* Chev., avec l'unique espèce *Z. Fleuryana* Chev.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 17 JUILLET 1946.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOPHYSIQUE. — *Les bandes de Vegard-Kaplan de l'azote dans la région visible du spectre des aurores et du spectre du ciel nocturne.* Note [1] de MM. **Jean Cabannes** et **Jean Dufay.**

I. On sait que les principales radiations émises par le ciel nocturne dans les régions violette et bleue appartiennent au système $A \rightarrow X$ de la molécule d'azote dit système de Vegard-Kaplan [2] et nous montrerons ailleurs [3] que les bandes observées sont précisément celles dont l'émission peut être considérée comme la plus probable par application des règles de Franck-Condon. Les plus intenses admettent comme niveau de vibration initial $v' = 2$ et $v' = 3$.

Dans le spectre des aurores polaires également le système $A \rightarrow X$ est bien développé, mais plus faible que le premier système de la molécule d'azote ionisée et que les premier et deuxième systèmes de la molécule neutre. Les bandes $A \rightarrow X$ qu'y a trouvées Vegard [4] se placent encore bien le long de la parabole de Franck-Condon et la plupart des lacunes s'expliquent par le voisinage de fortes bandes négatives; seule la bande (4-11) se trouve si loin de la parabole que son identité avec la radiation aurorale 3192 Å doit être mise en doute. En outre Bernard [5] a proposé d'identifier certaines radiations des aurores comprises entre 5000 et 5350 Å, avec les bandes de Vegard-Kaplan (0-14), (1-15), (2-16), (4-17) et (5-18). Toutefois les longueurs d'onde mesurées pour les bandes (2-16) et (5-18) semblaient indiquer la superposition des bandes (13-8) et (16-11) du premier système positif.

II. Or la parabole théorique, prolongée au delà de $v' = 4$, permet de prévoir l'émission de nouvelles bandes $A \rightarrow X$ dans la région visible, s'il existe des

(1) Séance du 8 juillet 1946.

(2) J. Cabannes et J. Dufay, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1504.

(3) *Annales de Géophysique* (sous presse).

(4) *Geofysiske Publicajoner Oslo*, 13, 1941, n° 5, p. 8.

(5) *Annales d'Astrophysique*, 4, 1941, p. 19.

molécules métastables A sur des niveaux de vibration plus élevés. On attend notamment l'apparition des bandes (4-18); (5-18), (5-19), (5-20); (6-18), (6-19) et (6-20).

Comme le spectre du ciel nocturne est assez mal connu dans la région visible, nous avons d'abord recherché ces bandes dans le spectre des aurores en utilisant les mesures de Vegard ([4]). Dans la deuxième colonne du tableau ci-dessous, nous donnons les longueurs d'onde des bandes A → X, calculées par la formule d'Herzberg modifiée par Janin ([6]); dans la troisième colonne, les longueurs d'onde des radiations correspondantes dans le spectre des aurores. *On voit que toutes les bandes prévues, partant de niveaux de vibration $v' \leq 6$, se trouvent effectivement dans l'aurore.* Au delà de $v' = 7$, les coïncidences sont moins bonnes et plusieurs des bandes A → X susceptibles d'être observées sont recouvertes par des bandes du premier système positif.

Bandes A → X.		Aurore.	Ciel nocturne.
4–18	5618,4 Å	5619,5	5620 S
5–18	5230,3	5230,8	–
5–19	5777,7	5772	5775 C
5–20	6440,9	6441	–
6–18	4898,9	4901,2	4904 CD
6–19	5375,9	5373,8	5382 C
6–20	5945,6	5948,2	–
7–18	4612,8	–	4615 CD
7–19	5033,4	5031	5040 CD
7–20	5529,5	–	5532 C
7–21	6123,0	6129	6124 C

Parmi les radiations aurorales figurant dans ce tableau, la première et la dernière avaient été identifiées par Vegard avec les bandes 5615 Å (15-11) et 6127 Å (5-1) du premier système positif. La dernière peut bien appartenir en effet au premier système positif, mais l'attribution de la première au système A → X semble préférable. Quant aux identifications suggérées par Vegard pour les radiations 5373,8 et 5031 Å (bandes de la molécule d'hydrogène) et 6441 Å (raie 6439,1 Å de l'atome neutre d'oxygène), elles sont fort contestables et peuvent être écartées. Vegard a aussi rapproché la radiation 5230,8 Å, qui aurait l'apparence d'une raie, de la raie 5229,4 Å excitée par des rayons cathodiques dans un mélange solide d'azote et de néon ([7]). Enfin les 3 autres radiations n'avaient encore reçu aucune attribution.

Dans la quatrième colonne du tableau, nous avons inscrit également les

([6]) *Cahiers de Physique*, Cahier n° **11**, 1942, p. 76.

([7]) Vegard a rapproché de même la raie 5202,0 Å du spectre des aurores de la raie 5202,9 Å excitée dans les mêmes conditions. Il peut s'agir en réalité du doublet $^4S-^2D$ de l'atome neutre d'azote (5199 Å) identifié par Dufay et Tcheng dans le spectre d'une aurore de basse latitude (*Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 692).

radiations du ciel nocturne observées au voisinage des bandes A → X par Sommer (S), Cabannes (C) ou Cabannes et Dufay (CD). Nous avons en outre observé dans le spectre du ciel quelques faibles radiations de longueurs d'onde inférieures à 5000 Å qui coïncident bien avec des bandes A → X à niveau de vibration initial plus élevé et dont l'émission est encore probable : (8-19) à 4739 Å, (9-20) à 4869 Å ([8]).

III. Ainsi il existe certainement, dans la haute atmosphère, des molécules d'azote $A^3\Sigma$ sur les niveaux de vibration 5, 6, 7, peut-être même 8 et 9, et il est indispensable de faire intervenir les bandes de Vegard-Kaplan pour interpréter le spectre des aurores et celui du ciel nocturne, non seulement dans le violet et le bleu, mais dans toute la région visible.

GÉOCHIMIE. — *Observations sur les premiers stades de l'altération spontanée d'un granite et la genèse des colloïdes argileux.* Note ([1]) de MM. **Albert Demolon** et **Étienne Bastisse**.

Il est fréquent d'observer des granites porphyroïdes à texture grossière ayant perdu toute cohésion, alors que d'autres à grains fins ont dans les mêmes conditions résisté à la désagrégation. Les premières forces mises en jeu ont pour origine les variations thermiques. Nous avons porté notre attention sur les phénomènes qui suivent immédiatement la dislocation de la roche dans la formation de l'arène. L'analyse globale des échantillons de roche intacte ou plus ou moins décomposée ne nous renseigne qu'imparfaitement à cet égard. En 1936 nous avons donné les premiers résultats d'une expérience instituée en 1930, dans laquelle nous avons abandonné à l'altération spontanée en cases lysimétriques une masse de 800^{kg} de granite préalablement réduit par concassage et tamisage à l'état de fragments dont les dimensions étaient comprises entre 2 et 4^{mm}. Le granite présentait la composition minéralogique suivante : quartz 50; orthose 15; albite 16,5; anorthite 8,0; biotite 5,5 %.

Les nouvelles observations effectuées en 1945 permettent de compléter et de préciser nos conclusions antérieures.

1. — *Analyse mécanique.*

	Sables	Sables fins	Limons	Fraction argileuse	
	> 200µ.	de 20 à 200µ.	de 2 à 20µ.	0µ,75 à 2µ.	< 0µ,75.
1935..........	71,0	25,20	2,96	0,49	0,32
1945..........	64,75	29,50	3,85	1,00	0,45

Après la séparation des espèces minérales déjà réalisée en 1935, la pulvérisation s'est donc poursuivie dans toute la masse sans l'intervention d'aucune source d'énergie extérieure. Elle se traduit par l'augmentation, aux dépens des

([8]) *Annales de Géophysique*, **1**, 1944, p. 1.

([1]) Séance du 8 juillet 1946.

éléments plus grossiers, de toutes les fractions de dimensions inférieures à 200µ. En particulier, il y a eu formation continue dans toute la masse d'éléments classés dans la fraction argile.

2. — *Analyse chimique* 1945.

	Granite		Granite altéré.				
			Sables			Argile	
	initial.	quartz déduit.	grossiers.	fins.	Limon.	grossière.	fine.
SiO_2	74,74	50,81	75,80	73,50	67,50	61,40	53,80
Al_2O_3	13,50	26,50	14,23	15,29	18,29	20,81	22,43
Fe_2O_3 combiné	1,50	2,94	1,57	1,96	2,86	2,62	3,59
» libre	–	–	–	–	–	1,67	2,98
CaO	0,93	1,82	1,27	1,32	1,39	1,33	1,32
MgO	0,59	1,16	0,58	0,75	0,89	1,35	1,84
K_2O	4,63	9,28	4,77	4,90	5,06	5,16	5,34
Na_2O	1,86	3,71	1,80	1,85	2,48	0,90	0,30
P_2O_5	0,25	–	–	–	–	–	–
H_2O	0,90	1,76	0,72	0,87	2,50	4,65	7,52
Rapports moléculaires (*)	8,78	2,31	8,44	7,53	6,42	4,64	3,69

(*) Rapports moléculaires : Si O_2/sesquioxydes combinés.

Éléments éliminés dans les eaux de drainage (1931-1945); *volume d'eau écoulé*, 4376¹,9 (résultats en grammes).

	Total.	% de la quantité existant à l'origine.	Moyenne annuelle.
CaO	276,5	3,71	19,8
MgO	42,5	0,94	3,0
K_2O	59,2	0,16	4,2
P_2O_5	3,0	0,15	0,2
S des sulfates (²)	50,3	–	3,6
N des nitrates	27,6	–	2,0
SiO_2	37,6	0,02 (³)	2,7

1° Le taux de quartz s'abaisse graduellement dans les fractionnements successifs, ce qui rend malaisée l'interprétation des variations. La composition de l'argile fine se rapproche sensiblement de celle de la matière initiale, quartz supposé déduit.

L'élimination des bases a progressé à un rythme inchangé; en l'absence de matières humiques, elle est demeurée très lente, et a eu lieu suivant la série décroissante $CaO > MgO > K^2O$, si l'on rapporte les quantités éliminées à celles existantes. La libération de la chaux correspondant à la séricitisation précoce des feldspaths calco sodiques s'accompagne, dans ce milieu non

(²) Déduction faite des apports atmosphériques.

(³) Quartz déduit.

tamponné, d'un relèvement du pH de 6,85 à 7,80. L'ordre de grandeur des quantités de bases passées en solution permet de considérer que les phénomènes de décomposition chimique des silicates n'ont contribué que dans une faible mesure à l'évolution de la masse et à la production d'éléments classés dans le groupe argile (12^{kg} au total). Par contre l'augmentation rapide de l'eau fixée dans les éléments les plus fins indique que les processus d'hydratation par affinité chimique sont intervenus puissamment pour provoquer la pulvérisation des éléments par voie d'éclatement ou de clivage jusqu'au stade de dispersion colloïdale.

Le soufre, existant en petites quantités sous forme de sulfures, s'oxyde rapidement à l'état de sulfates. De même le phosphore présent sous forme d'inclusions apatitiques est facilement mobilisé. Les concentrations observées daus les eaux de drainage (de 0,5 à 1 mg/l) dépassent même celles constatées dans de nombreux sols. Le développement végétal étant limité à celui que permet l'azote atmosphérique, il y a épuisement du milieu en éléments biogènes et formation d'une arène stérile.

Le fer s'accroît dans les fractions de plus en plus fines et témoigne de l'altérabilité de la biotite. Dans la matière argileuse près de la moitié de cet élément se retrouve à l'état de limonite.

Signalons enfin que, dans les eaux de drainage d'apparence limpide, on trouve toujours de petites quantités de silice, fer et alumine sous forme de complexes pseudosolubles ayant un rapport moléculaire silice/sesquioxydes voisin de 12 dont nous avons décrit antérieurement la constitution et les propriétés (¹).

Examen de la fraction argile. — Cette fraction a été extraite en évitant toute attaque des éléments par les réactifs utilisés. La technique suivie était la suivante : lavages par KCl N/10 pour éliminer l'ion Ca soluble ou échangeable, dispersion en présence de CO_3Na_2 à 2 m. éq. par litre, puis sédimentation dans l'eau. La matière obtenue a été lavée à HCl N/20, puis dialysée pour obtenir l'argile H.

Cette argile de couleur rougeâtre apparaît au microscope comme un mélange de particules réfringentes, les unes granuleuses et irrégulières provenant des plagioclases, les autres de forme nettement bacillaire dérivant des micas. Ce mélange répond sensiblement aux proportions suivantes : anorthite 40 % ; albite 45 % ; biotite 15 % ; le quartz, l'orthose et la muscovite étant demeurés inaltérés. Les particules sont animées de mouvements browniens ; elles ont une charge électronégative et s'agglutinent en présence de bleu de méthylène.

L'analyse assigne à la fraction la plus fine un paramètre SiO_2/sesquioxydes = 3,8, ce qui conduirait à considérer cette argile comme rentrant dans

(¹) *Comptes rendus*, **215**, 1942, pp. 188-190.

le groupe des montmorillonites. Or elle n'en possède aucune des propriétés essentielles. Elle présente un caractère acide faible (pH de la suspension à 5 %, 4,10); la courbe de titrage électrométrique indique un pouvoir tampon peu marqué et une capacité d'absorption très inférieure à celle des argiles ayant un rapport du même ordre. Par ses propriétés physico-chimiques, cette argile peu hydrophile et de faible viscosité se rapproche d'une kaolinite; cependant elle n'en présente aucunement les caractères à l'analyse thermique. La courbe de déshydratation a donné une perte de 1,70 % d'eau de 100 à 300°, de 2,40 % entre 300 et 500° et de 3,50 % de 500° à 1000°. Nous n'avons pu rattacher cette argile juvénile à un type connu. Il faut la considérer comme un terme transitoire, en quelque sorte embryonnaire, avant l'intervention d'une altération chimique qui ne prend toute son ampleur qu'en présence de matières humiques accroissant l'activité hydrolytique. Ce stade s'accompagne de la formation de gels superficiels hétérogènes, qui modifient profondément les propriétés de la fraction colloïdale et qui échappent à l'analyse par les rayons X.

En résumé nos observations confirment que l'altération du granite porte tout d'abord sur les plagioclases et le mica noir; elle est liée à un processus d'hydratation qui entraîne la désagrégation rapide de certaines espèces minérales avant toute altération chimique profonde. Dans ces conditions, il y a formation progressive de colloïdes argileux cristallisés, qui apparaissent comme un premier stade transitoire dans la genèse des argiles naturelles.

La matière argileuse doit être considérée comme susceptible d'une évolution continue comme les roches mères elles-mêmes, selon les conditions climatiques et la composition des solutions avec lesquelles elle est en contact. Et ceci explique que si l'on peut du point de vue de la structure, rapporter à quelques grands groupes les argiles sédimentaires, celles des sols se présentent comme des mélanges présentant une variabilité bien plus grande de l'ensemble de leurs propriétés.

MICROBIOLOGIE. — *Action des filtrats de cultures de* Bacillus subtilis *sur le virus de la rage*. Note (1) de MM. **Paul Remlinger** et **Jacques Bailly**.

Les travaux récents de Ramon et de son Ecole, de Maurice Vallée, de Saint Rat et Olivier, ont mis en évidence, dans les liquides de culture du *B. subtilis*, des propriétés antibiotiques et bactériolytiques à l'égard de nombreuses espèces microbiennes. Dans un premier type d'expériences, les bacilles de la diphtérie, de la peste, de la fièvre typhoïde, les bacilles de Preisz-Nocard, de Bang, la bactéridie charbonneuse, le staphylocoque doré, ensemencés en divers milieux en présence de filtrat de *subtilis*, subissent une

(1) Séance du 17 juin 1946.

inhibition totale de développement. Dans d'autres expériences, des cultures des espèces pathogènes précitées, mises en présence de filtrat de *subtilis* dans certaines conditions de température et de temps, sont inactivées d'abord, lysées ensuite.

Il a paru d'autant plus intéressant de faire agir ces puissants facteurs antimicrobiens sur le virus rabique que la pénicilline est d'une totale inefficacité sur lui ([2]).

Parmi plusieurs souches de *subtilis* utilisées, celle qui a paru convenir le mieux a été isolée d'un échantillon de paille de froment marocain. Cette souche fournit à la surface du bouillon Martin, en moins de 24 heures, un voile ridé, qui s'épaissit les jours suivants, passe par une phase d'état et subit, à partir du 11ᵉ ou 12ᵉ jour, une autolyse si accentuée que, vers le 15ᵉ-18ᵉ jour, il se réduit à un sédiment gris qui se rassemble au fond des flacons et dans lequel le microscope ne montre que des spores.

Les conditions de la libération des propriétés bactéricides dans les liquides étant inconnues, on a employé pour les faire agir sur le virus rabique des bouillons de culture de *subtilis* d'âges variés. Des mélanges de cultures en bouillon Martin âgées de 12 à 18 jours sont passés à travers une bougie Chamberland L 2. Le filtrat est mis en présence, volume pour volume, d'émulsion à 1/50 de cerveau de lapin mort du virus rabique fixe. Cette émulsion est préalablement dépouillée de tout grumeau par filtration sur papier. Un témoin est formé de l'émulsion et de solution physiologique volume pour volume. Tous ces mélanges ont un pH = 8. Ils sont placés à l'obscurité à 38°. A des intervalles de temps variés, des échantillons sont prélevés et inoculés sous la dure-mère des animaux. Les résultats obtenus peuvent être condensés en un tableau.

Volumes inoculés (cm^3).	Durée du contact (h. et min.).	Espèces inoculées.	Mélange de filtrat et de virus fixe.	Mélange de solution physiologique et de virus fixe (témoins).
0,1	0,30	rat	+	
0,1	1	»	+	
0,1	1,30	»	+	
0,1	2	»	+	
0,1	2,30	»	+	+ +
0,1	3	»	∞	
0,1	4	»	∞ ∞	+
0,1	4	»	∞	+
0,02	5	souris	∞	+
0,02	6	»	∞ ∞	+
0,02	6	»	∞ ∞	+

([2]) La pénicilline est sans action dans la rage (*Bull. Acad. Méd.*, **130**, 1946, p. 102).

Le virus rabique de la substance nerveuse est donc détruit par le filtrat de culture de *subtilis* à la température de 38° en 2 heures 30 minutes.

Il est difficile, pour le moment, de préciser la cause de cette puissante action rabicide exercée par la culture d'un simple saprophyte, peut-être le plus banal de tous. Il est cependant probable que les propriétés antibiotiques du *subtilis* ne jouent ici aucun rôle, mais au contraire que le pouvoir destructeur sur les toxines microbiennes, mis en évidence par Ramon et son École, est également actif sur la virulence rabique. Les effets des filtrats de culture de *subtilis* sur les toxines et sur le virus rabique sont très probablement en rapport avec la présence de protéinases. Nous poursuivons l'étude du phénomène.

M. **Emmanuel Leclainche** fait hommage à l'Académie, au nom de M. Edmond Sergent, Directeur de l'Institut Pasteur d'Alger et de ses collaborateurs MM. A. Donatien, L. Parrot et F. Lestoquard (in memoriam), d'un Mémoire intitulé *Études sur les piroplasmoses bovines*.

M. Edmond Sergent poursuit depuis vingt-cinq années des études sur les maladies à hématozoaires qui causaient à l'élevage des pertes considérables. Les méthodes de vaccinations qu'il a élaborées sont appliquées avec succès et elles lui font le plus grand honneur.

NOMINATIONS.

MM. **G. Fayet**, **P. Montel**, **L. Hackspill**, **Léon Bertrand**, **J. Cabannes** sont délégués au Congrès que tiendra à Nice, du 9 au 14 septembre, l'Association française pour l'avancement des sciences.

MM. **Ch. Maurain**, **L. de Broglie**, **C. Gutton**, **J. Cabannes**, **P. Lejay**, **R. Bureau**, **R. Jouaust**, **E. Picault** sont désignés pour représenter la France à l'Assemblée de l'Union radioscientifique internationale qui doit avoir lieu à Paris, du 27 septembre au 5 octobre 1946.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Edgar Douglas Adrian** est élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, en remplacement de M. *Maurice Arthus*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. **Costantino Gorini**, Correspondant pour la Section d'Économie rurale, adresse à l'Académie, à l'occasion du 14 juillet, l'expression de son ardente sympathie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Résultats des Campagnes scientifiques accomplies sur son Yacht par Albert Ier prince souverain de Monaco. Fascicule CVII. *Flagellés à squelette siliceux : Silicoflagellés et Ebriidés provenant du plancton recueilli au cours des Campagnes scientifiques du Prince Albert Ier de Monaco* (1885-1912), par Raymond Hovasse.

2° Pierre Gossot. *Ce qu'il faut savoir des Poissons des eaux douces de France.*

3° Pietro Rondoni. *Biochimica, Quinta edizione* (en langue italienne).

4° Joseph de Toni. *Diagnoses Algarum novarum post sylloges editionem descriptarum. I. Mixophyceæ,* centuria VII (en langue latine).

5° *Experimental research on the possibility of the distinction between plants and animals according to the effect of Sulfanilamide upon their cells,* by Stephane D. Demetriades.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur une décomposition de la frontière d'un ensemble.* Note (¹) de M. **Roger Paintandre**, présentée par M. Paul Montel.

I. Étant donné un ensemble A de points d'un espace topologique X, nous noterons ø l'ensemble vide; A(1) le complémentaire de A, A(—) sa fermeture, A(—1—1) le résultat de plusieurs opérations fermeture et passage au complémentaire effectuées successivement dans l'ordre indiqué à partir de A, l'intérieur A*i*, l'extérieur A*e*, la frontière A*f*. A*i* et A*e* sont ouverts. A*f* est fermé et non vide si X est connexe et A(1) non vide.

M. Blanc (²) décompose A*f* en 4 ensembles :

frontière régulière A*fr* : points de A*f* adhérents à A*e* et A*f*; frontière intérieure A*fi* : points de A*f* adhérents à A*i* seulement; frontière extérieure A*fe* : points de A*f* adhérents à A*e* seulement; frontière singulière A*fs* : points de A*f* adhérents ni à A*e* ni à A*i*.

Dualité. — Soit B = A(1). De toute propriété P des 6 ensembles A*e*, A*i*, A*fr*, A*fi*, A*fe*, A*fs*, vraie pour un ensemble A *quelconque*, on peut déduire une propriété P(1) des ensembles obtenus en permutant les indices *e* et *i*. On voit par exemple que, si A est fermé, A*fi* = A*fs* = ø et, par dualité, si A est ouvert, A*fe* = A*fs* = ø.

Ensemble régulier. — M. Blanc appelle *régulier* un ensemble A pour lequel on a A*f* = A*fr*, c'est-à-dire A*fe* = A*fi* = A*fs* = ø.

Si A est ouvert (fermé), il est un ouvert régulier (fermé régulier) au sens ordinaire. Le complémentaire d'un ensemble régulier est régulier (³).

II. On a immédiatement $\overline{Ai} = Ai + Afr + Afi$ et $\overline{Ae} = Ae + Afr + Afe$. Donc

(¹) Séance du 8 avril 1946.
(²) *Thèse*, Paris, 1938, p. 7 et suiv.
(³) *Op. cit.*, pp. 8-15.

$(\mathrm{A}f)i = (\mathrm{A}e + \mathrm{A}i)e = (\overline{\mathrm{A}e + \mathrm{A}i})(1) = (\mathrm{A}e + \mathrm{A}i + \mathrm{A}fr + \mathrm{A}fi + \mathrm{A}fe)(1) = \mathrm{A}fs.$

L'intérieur de la frontière est la frontière singulière. — Il n'est en général pas vide. Donc $\mathrm{A}f$ et $\mathrm{A}fs$ ne sont pas des ensembles frontières. Nous modifierons les dénominations ci-dessus en appelant *singularité* de A et en notant $\mathrm{A}s$ la frontière singulière. Nous appellerons *frontière propre* de A, l'ensemble $\mathrm{A}ff = \mathrm{A}f - \mathrm{A}s = \mathrm{A}fr + \mathrm{A}fe + \mathrm{A}fi$. $\mathrm{A}f$ étant fermé, $\mathrm{A}ff$ est sa frontière.

$\mathrm{A}s$, $\mathrm{A}e$, $\mathrm{A}i$ sont ouverts, faisons-leur jouer un rôle symétrique dans la décomposition de $\mathrm{A}ff$. Classons les points de $\mathrm{A}ff$ dans l'un des ensembles suivants :

$\mathrm{A}eis$,	points adh.	à $\mathrm{A}e$, $\mathrm{A}i$, $\mathrm{A}s$;	$\mathrm{A}es$,	points adh.	à $\mathrm{A}e$ et $\mathrm{A}s$ seulement
$\mathrm{A}ei$,	»	à $\mathrm{A}e$, $\mathrm{A}i$, seulement;	$\mathrm{A}ii$,	»	à $\mathrm{A}i$ »
$\mathrm{A}is$,	»	à $\mathrm{A}i$, $\mathrm{A}s$, »	$\mathrm{A}ee$,	»	à $\mathrm{A}e$ »

$\mathrm{A}ss$ points adhérents à $\mathrm{A}s$ seulement.

Ces ensembles sont disjoints. On a $\mathrm{A}ff = \mathrm{A}fr + \mathrm{A}fe + \mathrm{A}fi$, avec

$$\mathrm{A}fr = \mathrm{A}eis + \mathrm{A}ei, \qquad \mathrm{A}fe = \mathrm{A}es + \mathrm{A}ee, \qquad \mathrm{A}fi = \mathrm{A}is + \mathrm{A}ii.$$

Donc $\mathrm{A}ss \neq \emptyset$.

Cas particuliers. — 1° A *fermé* : $\mathrm{A}s = \mathrm{A}fi = \emptyset$; $\mathrm{A}eis = \mathrm{A}es = \mathrm{A}is = \mathrm{A}ii = \emptyset$. Il reste $\mathrm{A}fr = \mathrm{A}ei$, $\mathrm{A}fe = \mathrm{A}ee$.

2° A *ouvert* : $\mathrm{A}s = \mathrm{A}fi = \mathrm{A}eis = \mathrm{A}es = \mathrm{A}is = \mathrm{A}ee = \emptyset$, $\mathrm{A}fr = \mathrm{A}ei$, $\mathrm{A}fi = \mathrm{A}ii$.

3° A *régulier* : tous vides sauf $\mathrm{A}ei = \mathrm{A}fr$.

4° Nous appellerons *semi-régulier* un ensemble A tel que $\mathrm{A}ee = \mathrm{A}ii = \emptyset$. Pour qu'un semi-régulier soit régulier, il faut et il suffit que $\mathrm{A}s = \emptyset$.

En particulier, un ouvert ou un fermé semi-régulier est régulier.

III. *Frontière des ensembles* $\mathrm{A}e$, $\mathrm{A}i$, $\mathrm{A}s$. — Ces ensembles sont ouverts. Il n'y a à étudier que les frontières ei et ii.

Intérieur. — On a $(\mathrm{A}i)ei = \mathrm{A}eis + \mathrm{A}ei + \mathrm{A}is$. $(\mathrm{A}i)ii = \mathrm{A}ii$.

La frontière complètement intérieure de A est la frontière complètement intérieure de son intérieur.

Extérieur. — Par dualité, $(\mathrm{A}e)ei = \mathrm{A}eis + \mathrm{A}ei + \mathrm{A}es$, $(\mathrm{A}e)ii = \mathrm{A}ee$.

La frontière complètement extérieure de A est la frontière complètement intérieure de son extérieur.

Singularité. — On a vu que $\mathrm{A}ss = \emptyset$. Un point adhérent seulement à $\mathrm{A}s$ n'appartient donc pas à $\mathrm{A}f$. N'appartenant évidemment ni à $\mathrm{A}e$ ni à $\mathrm{A}i$, il appartient à $\mathrm{A}s$. Donc $(\mathrm{A}s)ii = \emptyset$; $\mathrm{A}s$ étant ouvert, on voit que *la singularité est un ensemble régulier ouvert.* Il reste $(\mathrm{A}s)ei = \mathrm{A}eis + \mathrm{A}is + \mathrm{A}es$.

IV. *Succession d'opérations sur un ensemble.* — Le résultat d'un nombre arbitraire des quatre opérations fermeture, passage au complémentaire, à l'intérieur, à l'extérieur faites sur un ensemble A s'exprime par une réunion de certains des neuf ensembles de notre décomposition. Il suffit d'étudier la succession des opérations $\mathrm{A}(-)$ et $\mathrm{A}(1)$ [car $\mathrm{A}(- -) = \mathrm{A}(-)$ et $\mathrm{A}(1\,1) = \mathrm{A}$].

En utilisant la dualité et les résultats de M. Kuratowski ([4]), on pourra se borner aux ensembles ci-dessous.

En remarquant que $As(-) = As + Aeis + Ais + Aes$, on a

$$\begin{aligned} A(-) &= Ai + As + Aeis + Aei + Aes + Ais + Aii + Aee, \\ A(-1) &= Ae, \\ A(-1-) &= Ae + Afis + Aei + Aes + Aee, \\ A(-1-1) &= Ai + Ais + Aii + As, \\ A(-1-1-) &= Ai + As + Aei + Ais + Aii + Aes, \\ A(-1-1-1) &= Ae + Aee. \end{aligned}$$

On voit que les deux derniers $A(-1-1-)$ et $A(-1-1-1)$ ne peuvent s'exprimer en fonction des ensembles de la première décomposition ce qui infirme une affirmation de M. Blanc ([4]) sur laquelle celui-ci avait attiré notre attention, car elle lui paraissait sujette à caution. Pour que ces ensembles s'expriment au moyen des ensembles de M. Blanc, il faut et il suffit que le dernier s'exprime ainsi, c'est-à-dire que : *ou bien* $Aee = \emptyset$ *ou bien* $Aes = \emptyset$.

Pour que les ensembles duels $A(1-1-1-)$ et $A(1-1-1-)$ s'expriment de cette façon, on a les conditions nécessaires et suffisantes duelles : *ou bien* $Aii = \emptyset$ *ou bien* $Ais = \emptyset$. Remarquons que ces deux groupes de conditions sont indépendants.

Les deux groupes sont vérifiés en particulier par les ouverts, les fermés, les réguliers, les ensembles à singularité vide, et les semi-réguliers.

V. Enfin l'emploi de cette nouvelle décomposition de la frontière permet de retrouver de façon immédiate les résultats obtenus par M. Kuratowski dans son Mémoire cité ([5]).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les solutions de période $2s\pi$ de l'équation de Mathieu associée.* Note de M. **Robert Campbell**, présentée par M. Joseph Pérès.

1° J'ai montré ([1]) que l'équation

$$\frac{d^2U}{d\xi^2} - \operatorname{tg}\xi\frac{dU}{d\xi} + (a + k^2 f^2 \sin^2\xi)U = 0 \tag{1}$$

admettait des solutions $pe_n(\sin\xi)$, de période 2π, (se réduisant pour $k = 0$ aux polynomes de Legendre), quand une certaine relation $g(a, k^2) = 0$ était vérifiée. Je me propose ici de chercher la relation $g_s(a, k^2) = 0$ qui doit être vérifiée pour que cette équation admette des solutions de période $2s\pi$ (s entier).

Celles-ci se réduiront naturellement pour $k = 0$ aux fonctions de Legendre de période $2s\pi$ qui, il est facile de le voir, existent si, dans l'équation de

([4]) *Fund. Math.*, 3, 1922, p. 186.

([5]) Page 11, note ([3]).

([1]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 269.

Legendre, n est égal à la fraction irréductible N/s. En utilisant pour représenter cette fonction de période $2s\pi$ [soit $pe_{N/s}(\sin\xi)$] un développement analogue à celui de $pe_n(\sin\xi)$ de période 2π, soit

$$pe_{\frac{N}{s}}(\sin\xi)=\sum_{H=-\infty}^{H=+\infty} A_{\frac{N}{s}+H} P_{\frac{N}{s}+H}(\sin\xi)$$

(H étant entier et $P_{N/s}$ désignant la fonction de Legendre), on obtient pour les $A_{N/s}$ les mêmes formules de récurrence que si l'indice est entier, avec cette différence qu'il peut être négatif. Soit $N/s=\alpha$; ces relations de récurrence s'écrivent

$$\begin{array}{l}
\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots, \\
A_{\alpha-4}B^{\alpha-2}_{\alpha-4}+[B^{\alpha-2}_{\alpha-2}+a-(\alpha-2)(\alpha-1)]A_{\alpha-2}+A_\alpha\ B^{\alpha-2}_{\alpha}=0, \\
A_{\alpha-2}B^{\alpha}_{\alpha-2}+[B^{\alpha}_{\alpha}\ +a-\ \ \alpha\ \ (\alpha+1)]A_{\alpha}\ +A_{\alpha+2}B^{\alpha}_{\alpha+2}=0, \\
A_{\alpha}\ B_{\alpha}\ \ +[B^{\alpha+2}_{\alpha+2}+a-(\alpha+2)(\alpha+3)]A_{\alpha+2}+A_{\alpha+4}B^{\alpha+2}_{\alpha+4}=0, \\
\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots
\end{array}$$

De la troisième de ces relations, on tire

$$\frac{A_{\alpha+2}}{A_\alpha}=\frac{\dfrac{(\alpha+1)k^2f^2}{(\alpha+3)(2\alpha+1)(2\alpha+3)}}{1-\dfrac{a+B^{\alpha+2}_{\alpha+2}}{(\alpha+2)(\alpha+3)}}-\frac{u_{\alpha+4}}{1-\dfrac{a+B^{\alpha+4}_{\alpha+4}}{(\alpha+4)(\alpha+5)}}-\dots-\frac{u_{\alpha+2p}}{1-\dfrac{a+B^{\alpha+2p}_{\alpha+2p}}{(\alpha+2p)(\alpha+2p+1)}}-\dots,$$

où les indices des u vont en croissant.

De la première, on tire de même

$$\frac{A_\alpha}{A_{\alpha-2}}=\frac{(\alpha-2)(\alpha-1)-a-B^{\alpha-2}_{\alpha-2}}{B^{\alpha-2}_{\alpha}}-\frac{w_{\alpha-2}}{1-\dfrac{a+B^{\alpha-4}_{\alpha-4}}{(\alpha-4)(\alpha-3)}}-\dots-\frac{w_{\alpha-2p}}{1-\dfrac{a+B^{\alpha-2p}_{\alpha-2p}}{(\alpha-2p)(\alpha-2p+1)}}-\dots,$$

où

$$w_{\alpha-2}=\frac{(\alpha-2)^2(\alpha-3)(2\alpha-1)(2\alpha+1)k^2f^2}{\alpha(\alpha-1)(\alpha-4)(2\alpha-3)(2\alpha-5)^2(2\alpha-7)}$$

et où les indices vont en décroissant.

La deuxième relation, qui permet d'égaler les deux valeurs ainsi trouvées pour le rapport $A_\alpha/A_{\alpha-2}$, donne l'équation $g_s(a, k^2)=0$ pour que la solution de (1) soit de période $2s\pi$; soit

$$\frac{(\alpha-2)(\alpha-1)-a-B^{\alpha-2}_{\alpha-2}}{B^{\alpha-2}_{\alpha}}-\frac{w_{\alpha-2}}{1-\dfrac{a+B^{\alpha-4}_{\alpha-4}}{(\alpha-4)(\alpha-3)}}-\dots=\frac{\dfrac{(\alpha-1)k^2f^2}{(\alpha+1)(2\alpha-1)(2\alpha-3)}}{1-\dfrac{a+B^{\alpha}_{\alpha}}{\alpha(\alpha+1)}}-\frac{u_{\alpha+2}}{1-\dfrac{a+B^{\alpha+2}_{\alpha+2}}{(\alpha+2)(\alpha+3)}}-\dots.$$

Le calcul des coefficients A_α est alors analogue à celui des A_n. L'intégrale générale de (1) s'obtient immédiatement, car une autre intégrale périodique $qe_\alpha(\sin\xi)$ coexiste avec $pe_\alpha(\sin\xi)$ [qui se réduit à $Q_\alpha(\sin\xi)$ pour $k=0$].

2° *Cas particulier.* — Les coefficients de ces relations de récurrence peuvent

s'annuler si α égale un entier ou la moitié d'un impair. Un calcul simple de passage à la limite montre alors que l'équation $g_s(a, k^2) = 0$ se simplifie et ne contient plus qu'une seule fraction continue.

Si α est entier, on retrouve la relation $g(a, k^2) = 0$ des fonctions de période 2π. Si α est la moitié d'un impair, la relation s'écrit comme il suit :

1° Si $\alpha = -1/2$ (mod. 2).

$$-4a = 1 + k^2 f^2 + \cfrac{\frac{3}{160} k^4 f^4}{\frac{4a}{15} - 1 + \frac{77 k^2 f^2}{180} - \cfrac{u_{\frac{7}{2}}}{v_{\frac{7}{2}} - \cdots - \cfrac{u_{2p-\frac{1}{2}}}{v_{2p-\frac{1}{2}} - \cdots}}},$$

2° si $\alpha = +1/2$ (mod. 2),

$$\frac{4a}{3} = 1 - 4k^2 f^2 + \cfrac{\frac{k^4 f^4}{448}}{\frac{4a}{35} - 1 + \frac{33 k^2 f^2}{560} - \cfrac{u_{\frac{9}{2}}}{v_{\frac{9}{2}} - \cdots - \cfrac{u_{2p+\frac{1}{2}}}{v_{2p+\frac{1}{2}} - \cdots}}}.$$

3° *Généralisation.* — Le même problème relatif à l'équation

$$\frac{d^2 U}{d\xi^2} - (2m+1)\,\mathrm{tg}\,\xi \frac{dU}{d\xi} + (a + k^2 f^2 \sin^2\xi) U = 0$$

se traite de la même façon en remplaçant les fonctions de Legendre par celles de Gegenbauer (c'est-à-dire par des fonctions déduites de façon très simple des fonctions de Legendre associées).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la détermination statistique des composantes cycliques d'un phénomène : application aux étoiles variables.* Note [1] de M. **Marcel Mayot**, présentée par M. Émile Borel.

Soit une suite de valeurs fournies par l'observation

$$y_1, \; y_2, \; \ldots, \; y_i, \; \ldots, \; y_N, \; \ldots$$

et une fonction $F(t)$ représentée analytiquement par une somme de fonctions entières, exponentielles ou trigonométriques. On sait que la suite des valeurs F_i vérifie une relation de récurrence linéaire et homogène dont l'ordre n est égal au nombre de termes indépendants de la fonction $F(t)$ [2].

On cherche à représenter chaque valeur expérimentale par une somme [3] de la forme

$$y_i = F_i + \varepsilon_i$$

ε_i étant une variable aléatoire. On peut chercher à déterminer les coefficients de la relation de récurrence pour avoir l'écart type σ minimum ; on est amené

---

(1) Séance du 8 juillet 1946.

(2) Lagrange, *Œuvres complètes*, t. VI, p. 507.

(3) E. Borel, *Comptes rendus*, 148, 1909, p. 1585.

à la réduction d'une forme quadratique dont les coefficients sont

$$A_{ik} = \frac{\sum_h y_{i+h} y_{k+h}}{N},$$

N étant le nombre de termes.

La plus petite racine de l'équation en S est $r = \sigma^2$, on détermine ensuite les coefficients ([4]).

Lorsque F_i ne contient que des termes trigonométriques (composantes cycliques) et un terme constant

$$F(t) = K + A\sin(\alpha t + \varphi_1) + B\sin(\beta t + \varphi_2) + \dots$$

on peut chercher à déterminer directement une équation ayant pour racines $2\cos\alpha$ et $2\cos\beta$ ([5]).

Connaissant α, β, ... on peut ensuite déterminer les coefficients A, B, ... par la méthode des moindres carrés mais le calcul est très long et nécessite la connaissance de α, β, ... avec une grande précision.

Lorsque N est suffisamment grand on peut procéder autrement; on peut supposer en effet avec une bonne approximation

$$A_{ik} = A_{i+1,k+1} = \dots$$

l'équation en S relative à la forme quadratique précédente de degré $2p\,(n = 2p+1)$ se décompose en deux autres de degré p; la détermination de α, β, ... est équivalente à la résolution du système

$$\begin{aligned} A_{11} - r &= k + a + b + \dots, \\ A_{12} &= k + a\cos\alpha + b\cos\beta + \dots, \\ A_{13} &= k + a\cos 2\alpha + b\cos 2\beta + \dots, \\ &\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \end{aligned}$$

Avec N suffisamment grand, on aura toujours

$$k = K^2 \qquad a = \frac{A^2}{2} \qquad b = \frac{B^2}{2} \qquad \dots$$

On obtiendra ainsi directement après le calcul de r, α, β, ... une estimation de K, A, B, ...

Pour juger de la valeur de la représentation utilisée, on peut recommencer les mêmes déterminations en utilisant les sommes, différences ou toute autre combinaison des données; on se rendra compte ainsi de la légitimité des hypothèses faites, de la valeur de l'estimation et de l'amélioration obtenue par addition

---

([4]) G. Darmois, *Les mathématiques de la Psychologie*, p. 31.

([5]) St Georges Nicolasco, *Bulletin de la Société de Statistique de Paris*, Octobre 1930, p. 1.

d'un terme trigonométrique dans $F(t)$; on peut être amené à modifier les caractères de la variable aléatoire ε_i.

Application. — Cette méthode a été appliquée à l'étoile variable irrégulière RS Camelopardalis dont on possède une suite continue d'observations durant une période de 1200 jours environ. On trouve (l'unité étant le dixième de magnitude) :

1° avec une composante

$$y_i = A\sin(\alpha_i + \varphi) + \varepsilon_i,$$
$$\sigma^2 = 0{,}0675, \qquad \sigma = 0{,}26,$$
$$\alpha = 47°32', \qquad P = 75{,}75 \text{ jours},$$
$$A = 2{,}3;$$

2° avec deux composantes

$$y_i = A\sin(\alpha_i + \varphi_1) + B\sin(\beta_i + \varphi_2) + \varepsilon_i,$$
$$\sigma^2 = 0{,}0565, \qquad \sigma = 0{,}17,$$
$$\alpha = 40°7', \qquad \beta = 82°44',$$
$$A = 2{,}4, \qquad B = 0{,}6,$$
$$P_1 = 89{,}7 \text{ jours}, \qquad P_2 = 43{,}5 \text{ jours}.$$

Le nombre d'observations n'est pas suffisamment élevé pour permettre d'affirmer avec certitude que l'on se trouve en présence de l'harmonique d'ordre 2.

Pour calculer les résidus il suffit de former la combinaison linéaire correspondant à l'élimination des composantes A et B.

MÉCANIQUE. — *Sur les applications des torseurs répartis à la dynamique des corps à une dimension rectifiables et des milieux continus* (¹). Note (²) de M. **René de Possel**, présentée par M. Gaston Julia.

Corps a une dimension. — Faisons les hypothèses suivantes : le corps C a pour image fixe un intervalle borné d'une variable u; la masse, bornée, est répartie d'une façon quelconque. Un point M du corps est une fonction $M(u, t)$ qui définit un arc rectifiable pour t constant, et qui admet une dérivée seconde par rapport à t.

La *force de contact* à l'instant t est définie à partir d'un torseur à variation bornée $\mathfrak{T}(M)$ de sorte que, étant donnés trois points dans l'ordre $M_0 M_1 M_2$, le torseur exercé par $\widehat{M_1 M_2}$ sur $\widehat{M_0 M_1}$ est $\mathfrak{T}(M^+)$ si M_1 appartient à l'arc $\widehat{M_0 M_1}$, et $\mathfrak{T}(M^-)$ si M_1 appartient à l'arc $\widehat{M_1 M_2}$. Si $\mathfrak{T}(M)$ a pour vecteur principal et

(¹) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1670.
(²) Séance du 1er juillet 1946.

pour moment en M les vecteurs $\vec{T}(M)$ et $\vec{\gamma}(M)$ (tension et raideur), la force de contact qui s'exerce sur l'arc $c = \widehat{M_0 M_1}$ contenant M_0 mais non M_1 a pour vecteur principal et pour moment en M_0,

$$\vec{T}(M_1^+) - \vec{T}(M_0^+), \quad \vec{\gamma}(M_1^+) - \vec{\gamma}(M_0^+) + \overrightarrow{M_0 M_1} \wedge \vec{T}(M_1^+).$$

Le moment du *couple pur* correspondant est

$$\vec{\lambda}(c) = \vec{\gamma}(M_1^+) - \vec{\gamma}(M_0^+) + \overrightarrow{M_0 M_1} \wedge \vec{T}(M_1^+) - \int_c \overrightarrow{M_0 M} \wedge \overrightarrow{dT}$$

ou, en intégrant par parties (variable u), l'arc étant rectifiable

$$\vec{\lambda}(c) = \vec{\gamma}(M_1^+) - \vec{\gamma}(M_0^+) - \int_c \vec{T} \wedge \overrightarrow{dM}.$$

Les *forces de masse* étant représentées par un torseur dont nous désignons le vecteur principal et le moment du couple pur par $\vec{\Phi}(c)$, $\vec{\varpi}(c)$, les équations de la dynamique s'expriment par l'égalité

$$\int_c \vec{\Gamma}\, dm = \vec{T}(M_1^+) - \vec{T}(M_0^+) + \vec{\Phi}(c)$$

et par l'annulation du moment du couple pur total

$$\vec{\lambda}(c) + \vec{\varpi}(c) = \vec{\gamma}(M_1^+) - \vec{\gamma}(M_0^+) - \int_c \vec{T} \wedge \overrightarrow{dM} + \vec{\varpi}(c),$$

ou encore par les équations

$$\vec{\Gamma}\, dm - \overrightarrow{dT} - \overrightarrow{d\Phi} = 0, \qquad \overrightarrow{d\gamma} - \vec{T} \wedge \overrightarrow{dM} + \overrightarrow{d\varpi} = 0,$$

qui peuvent s'interpréter comme des égalités entre mesures, ou bien comme des égalités entre fonctions à variation bornée réalisées à une constante près en tous leurs points de continuité.

Milieux continus. — *Force de contact.* — Admettons que le torseur exercé par un domaine D_2 sur un domaine D_1 à travers une surface s qui appartient à leur frontière ait un vecteur principal et un moment de couple pur de la forme

$$\iint_s \vec{T}\, d\sigma, \qquad \iint_s \vec{\chi}\, d\sigma,$$

$\vec{T}$ et $\vec{\chi}$ étant fonctions continues du point M et de la normale $\vec{n}$ à s, orientée vers D_2, et changeant de signe avec $\vec{n}$.

Forces de masse ou de profondeur. — Admettons que leur vecteur principal et leur moment de couple pur admettent des *densités* par rapport à la masse $\vec{\Phi}$

et $\vec{\varpi}$. Soit ρ la densité du milieu supposée bornée. Les équations de la dynamique s'expriment, pour une *région de Green* V de bord Σ :

1° Par l'équation des vecteurs principaux, qui, par le raisonnement classique appliqué à un tétraèdre, montre que l'on a $\vec{T} = \Sigma \alpha_i \vec{T}_i$, en désignant par $\vec{T}_i$ les valeurs de $\vec{T}$ pour les trois directions rectangulaires des axes, et par α_i les coordonnées de $\vec{n}$, et conduit à l'équation usuelle, en introduisant les coordonnées T_i^j de $\vec{T}_i$ et le tenseur $\vec{\vec{T}}$ de coordonnée T_i^j

$$\overrightarrow{\operatorname{div}}\, \vec{\vec{T}} + \rho\left(\vec{\Phi} - \vec{\Gamma}\right) = 0,$$

2° Par l'annulation du couple pur total, qui équivaut à l'égalité des moments

$$\iint_{\Sigma} \left(\overrightarrow{OM} \wedge \vec{T} + \vec{\chi}\right) d\sigma + \iiint_{V} \left[\overrightarrow{OM} \wedge \left(\vec{\Phi} - \vec{\Gamma}\right) + \vec{\varpi}\right] \rho\, d\tau = 0,$$

on en déduit

$$\left| \iint_{\Sigma} \vec{\chi}\, d\sigma \right| < k\mathrm{V},$$

k étant une constante et V désignant le volume de la *région* V. Il en résulte, par le même raisonnement

$$\vec{\chi} = \Sigma \alpha_i \vec{\chi}_i,$$

les $\vec{\chi}_i$ étant les valeurs de $\vec{\chi}$ dans les directions des axes. On obtient ainsi

$$(1) \qquad \sum \frac{\partial \overrightarrow{OM}}{\partial x_i} \wedge \vec{T}_i + \sum \frac{\partial \vec{\chi}_i}{\partial x_i} + \rho \vec{\varpi} = 0.$$

Si l'on introduit les coordonnées χ_i^j de $\vec{\chi}_i$ et le tenseur $\vec{\vec{\chi}}$ de coordonnées χ_i^j, si l'on désigne par $\vec{e}_i$ les vecteurs unitaires du repère, et si l'on pose

$$\vec{D} = (T_2^3 - T_3^2)\vec{e}_1 + (T_3^1 - T_1^3)\vec{e}_2 + (T_1^2 - T_2^1)\vec{e}_3,$$

l'équation (1) s'écrit

$$\boxed{\vec{D} + \overrightarrow{\operatorname{div}}\, \vec{\vec{\chi}} + \rho \vec{\varpi} = 0.}$$

Si $\vec{\chi}$ et $\vec{\varpi}$ sont nuls, on a $\vec{D} = 0$ et l'on retrouve la symétrie habituelle de $\vec{\vec{T}}$.

HYDRAULIQUE. — *Influence de la liaison chambre d'équilibre-canal d'amenée-conduites forcées sur le régime des surpressions.* Note (1) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

En général la chambre d'équilibre est réunie au canal d'amenée par un conduit de faible longueur : les réflexions d'ondes aux extrémités se succèdent si rapidement que la présence de ce raccordement n'entraîne l'existence d'aucune onde de surpression appréciable, et ne se manifeste que par la perte de charge due au passage du débit affluant dans la chambre (propriété utilisée dans le dispositif d'étranglement). Le coup de bélier d'onde transmis au canal d'amenée ne peut, par contre, être négligé lorsque le raccordement a une longueur notable, comme nous venons de le montrer à propos d'une Usine de 80000 kW en projet dans les Alpes.

Les données sont les suivantes :

	Section.	Longueur.	Célérité.
Conduite	S 9,82 m²	L 350 m	*a* 1000 m/sec
Raccordement.........	S′ 12,57 »	L′ 230 »	*a*′ 1320 »
Canal d'amenée	S″ 11,045 »	L″ 920 »	*a*″ 1320 »

de telle sorte que, si l'on adopte provisoirement comme unité de temps 0,35 sec, pour la construction graphique, les durées de parcours de chacun des trois éléments précédents, d'un bout à l'autre par une onde, sont respectivement égales à 1 pour la conduite, 0,5 pour le raccordement, 2 pour le canal.

Le débit passe linéairement de 50 m³/sec à 0 en 7 secondes; la hauteur de chute est de 220m.

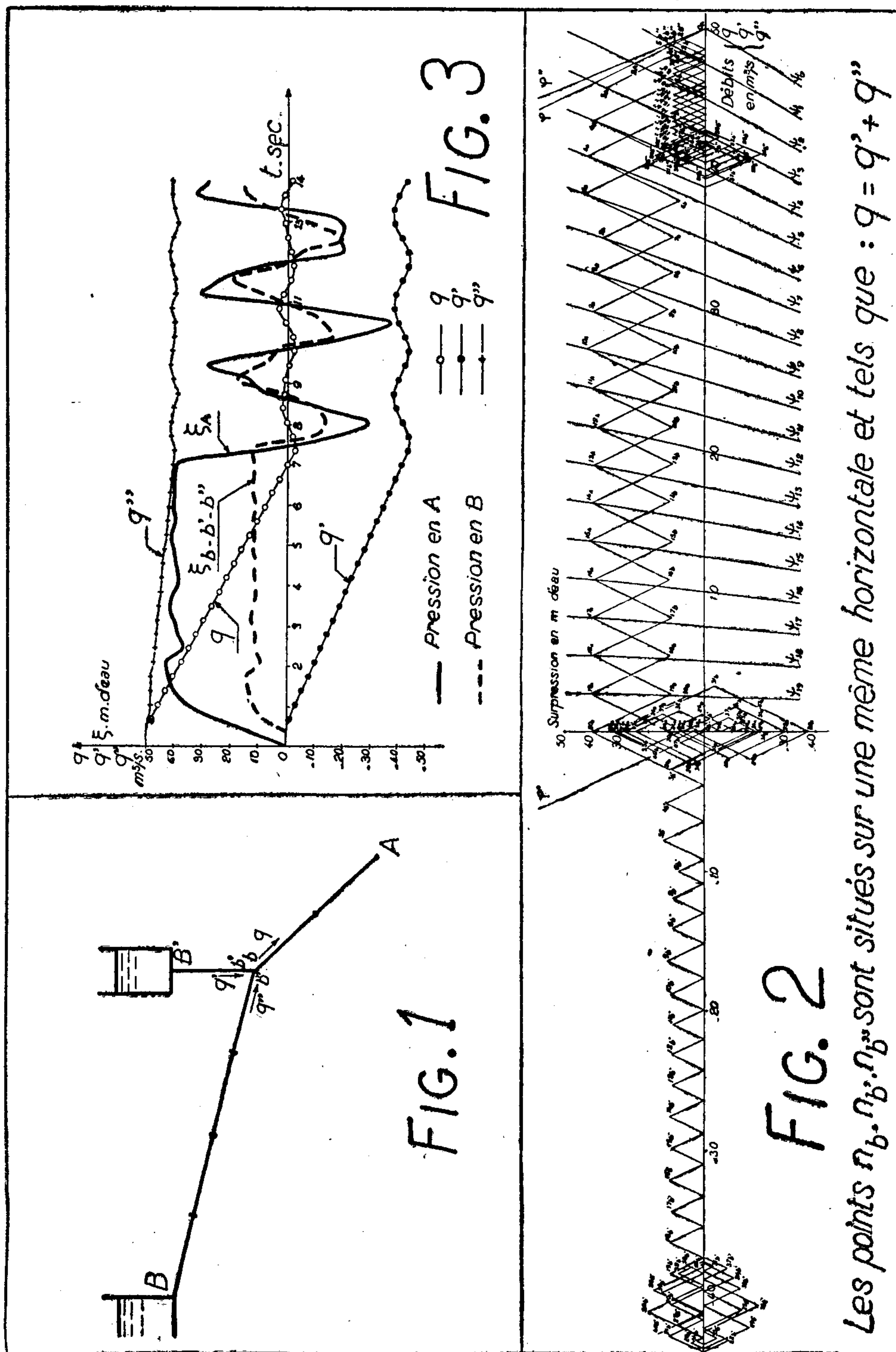
La méthode de calcul est basée sur l'application simultanée de la construction graphique habituelle aux trois domaines de propagation des ondes (conduite, canal, raccordement), en tenant compte du fait qu'au point de jonction b, b', b'' (*fig.* 1), on a, à chaque instant, pour les surpressions $\xi = \xi' = \xi''$, et, pour les débits,

$$q = q' + q''.$$

La figure 2 reproduit la construction graphique; la figure 3 donne la courbe de surpression au distributeur A et au point de jonction b, b', b'' (conduite, raccordement à la chambre d'équilibre, canal d'amenée). On voit qu'à ce point de jonction, la surpression varie de $-20^{\rm m}$ à $+20^{\rm m}$ d'eau, alors qu'au distributeur A elle varie de $-37^{\rm m},5$ à $43^{\rm m},5$.

Le même procédé, utilisé en partant d'une durée de fermeture de 4,9 secondes, conduit aux limites respectives suivantes de la surpression : $-21^{\rm m},5$ à $+23^{\rm m},5$ en b, b', b'', contre $-50^{\rm m}$ à $+64^{\rm m}$ en A.

(1) Séance du 8 juillet 1946.



On voit que la surpression au point de jonction n'est nullement négligeable, dans les deux cas.

La méthode de calcul ainsi appliquée est absolument générale et permet l'étude de tous les cas susceptibles de se présenter, en pratique.

Remarque. — Dans la construction précédente, nous n'avons pas tenu compte de l'augmentation de pression très faible qui intervient au point B′, du fait de la montée du plan d'eau dans la chambre : il serait facile d'évaluer celle-ci, la construction donnant, en fonction du temps, les débits en B′. Le graphique ainsi modifié permettrait d'étudier le phénomène résultant de la superposition de l'oscillation en masse et du coup de bélier d'onde, dans le système complexe considéré.

ASTROPHYSIQUE. — *Observations nouvelles de l'assombrissement du disque solaire et du rayonnement continu de son centre.* Note de M[lle] **Renée Canavaggia** et M. **Daniel Chalonge**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. *But et méthode.* — Nous avons entrepris de nouvelles déterminations :

a. De l'assombrissement [1] $I_\lambda(0, \theta)/I_\lambda(0,0)$ pour le spectre continu entre le centre et le bord du disque solaire pour diverses radiations situées notamment dans l'utraviolet;

b. Des paramètres caractérisant la variation avec λ de l'intensité $I_\lambda(0,0)$ du spectre continu du centre du disque.

La présente Note a pour objet de présenter les premiers résultats obtenus, bien que ceux-ci n'aient encore qu'un caractère provisoire et soient, par suite, susceptibles de révision.

Les résultats ont été obtenus par photométrie photographique. Les spectres étaient fournis par un spectrographe à optique de quartz donnant un spectre de 182mm de long entre 6563 et 3100 Å. Un système de miroirs aluminiés dont le pouvoir réflecteur était bien connu [pour l'étude (*b*)] fournissait, dans le plan de la fente, une image achromatique du Soleil de 50mm de diamètre. Pour l'étude (*a*), le spectre d'une série de points du disque situés à des distances du centre respectivement égales à 0; 0,30; 0,50; 0,70; 0,80; 0,90; 0,95; 0,975 (en prenant pour unité le rayon du disque) étaient pris sur la même plaque, avec le même temps de pose, au voisinage du passage du Soleil au méridien. Plusieurs spectres du centre obtenus successivement en faisant varier de l'un à l'autre, dans des proportions connues, la surface du diaphragme placé sur la lentille collimatrice, permettaient de déterminer les spectres de gradation.

Pour l'étude (*b*), la plaque contenait une série de spectres du centre du disque pris avec divers diaphragmes connus, comme il vient juste d'être indiqué et une autre série de spectres, faits avec le même temps de pose, d'une lampe étalon à ruban de tungstène sous enveloppe de quartz [2]. Il était nécessaire pour

---

[1] Les notations sont celles d'Unsöld, *Physik der Sternatmosphären*, Berlin, 1938.

[2] Les caractéristiques de cette lampe, que nous avons utilisée dans nos recherches de spectrophotométrie stellaire, ont déjà été publiées (*Zeits. für Astrophysik*, **12**, 1936, p. 178).

obtenir des noircissements comparables pour ces deux familles de spectres, d'utiliser, pour la lampe, une fente notablement plus large que pour le Soleil et d'affaiblir le spectre solaire à l'aide d'un filtre bien connu.

Les observations ont été faites à l'Observatoire de Haute-Provence : les premières en août 1943, les secondes en août 1945. Nous avons admis pour les coefficients d'absorption atmosphérique, dans le cas de l'étude (*b*), les valeurs normales.

II. *Résultats relatifs à l'assombrissement.* — L'assombrissement peut, comme il a déjà été indiqué, se représenter par un développement de la forme ([3])

$$\frac{I_\lambda(0, \theta)}{I_\lambda(0, 0)} = A_\lambda + B_\lambda \cos\theta + C_\lambda \cos^2\theta. \tag{1}$$

Le tableau I donne les valeurs des coefficients A_λ, B_λ, C_λ caractérisant les lois d'assombrissement observées.

TABLEAU I.

λ.	A_λ.	B_λ.	C_λ.	λ.	A_λ.	B_λ.	C_λ.
3189...	0,0923	0,7706	0,1372	4487...	0,1894	1,0020	−0,1922
3300...	0,1098	0,8637	0,0204	4521...	0,2104	0,9008	−0,1122
3400...	0,0972	0,9792	−0,0566	5186...	0,2763	0,9243	−0,2022
3504...	0,1034	1,0300	−0,1325	5241...	0,2762	0,9560	−0,2330
3600...	0,1068	1,0512	−0,1576	5340...	0,2873	0,9492	−0,2377
3692...	0,1354	1,0589	−0,1753	5450...	0,2538	1,0582	−0,3194
4030...	0,1427	0,9225	−0,0672	5554...	0,3089	0,9022	−0,2156
4160...	0,1541	0,9780	−0,1295	5624...	0,3109	0,9224	−0,2389
4234...	0,1694	0,9719	−0,1428	5780...	0,3205	0,9502	−0,2746
4265...	0,1508	0,0485	−0,1977	5859...	0,3440	0,9149	−0,2632
4430...	0,1733	0,9969	−0,1708	5955...	0,3566	0,9024	−0,2604

III. *Résultats concernant la courbe d'énergie du centre du disque.* — Comme pour les étoiles de type moins avancé que le Soleil, cette courbe d'énergie est formée de deux régions séparées par une discontinuité de Balmer qui s'observe au voisinage de 3700 Å et qui est égale ([4]) à 0,115. Les températures de couleur des deux régions sont respectivement égales à $T_1 = 7500°$ pour la région de plus grande longueur d'onde et à $T_2 = 6500°$ pour la région ultraviolette.

Ce résultat nous a amenés à conclure que la courbe d'énergie du spectre du disque solaire donnée par Mulders ([5]) était erronée entre 3000 et 6000 Å

([3]) Cette formule est tout à fait analogue à la formule (2) de la Note de Chalonge et Kourganoff (*Comptes rendus*, 221, 1945, p. 91).

Entre les coefficients existent évidemment les relations

$$A_0 = A_\lambda I_\lambda(0, 0); \quad A_1 = B_\lambda I_\lambda(0, 0); \quad 2A_2 = C_\lambda I_\lambda(0, 0).$$

([4]) Sa définition est donnée en particulier dans ARNULF, BARBIER, CHALONGE et CANAVAGGIA, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1488.

([5]) *Zeitschrift fur Astrophysik*, 11, 1935, p. 132.

(sans doute par suite de la difficulté que présente l'évaluation exacte de l'absorption exercée par les nombreuses raies qui parcourent le spectre dans ce domaine) et qu'il était préférable de lui substituer la portion de courbe définie par le tableau II qui rend bien compte des deux températures de couleur et de la discontinuité de Balmer observées.

TABLEAU II.

λ (6).	Énergie (7).	λ.	Énergie.	λ.	Énergie.
3200....	$3,07.10^{14}$	4000....	$4,95.10^{14}$	5200....	$4,07.10^{14}$
3400....	3,40 »	4200....	4,88 »	5400....	3,88 »
3600....	3,68 »	4400....	4,77 »	5600....	3,69 »
3700^{-}...	3,79 »	4600....	4,63 »	5800....	3,50 »
3700^{+}...	4,94 »	4800....	4,46 »	6000....	3,31 »
3800....	4,96 »	5000....	4,27 »		

ASTROPHYSIQUE. — *Sur le spectre d'émission de Nova T Coronæ Borealis.* Note (1) de Mlle MARIE BLOCH, MM. JEAN DUFAY, CHARLES FEHRENBACH et TCHENG MAO-LIN, présentée par M. Bernard Lyot.

Le spectre de Nova T Coronæ Borealis a été étudié à l'Observatoire de Haute-Provence avec le spectrographe à un prisme de flint monté sur le télescope de 120^{cm} d'ouverture et aussi, dans la période initiale (jusqu'au 22 février), avec le spectrographe à quatre prismes d'uviol au foyer Cassegrain du télescope de 80^{cm}. Au total, une cinquantaine de spectrogrammes ont été obtenus jusqu'ici.

Dès les premières observations (12 février) le spectre montrait, sur un fond continu assez intense, un grand nombre de raies brillantes. Les plus fortes étaient celles de l'hydrogène, de l'hélium neutre et ionisé, de Fe II, Ti II, Si II, Mg II, Ca II, Na I, N III (4640 Å), N II et O III (3759 Å); parmi les raies plus faibles on peut citer celles de Cr II, C II, O II et très probablement Ti III, C III et N V. Les raies d'absorption étaient moins nombreuses; les plus apparentes bordaient, du côté violet, les raies d'émission de l'hydrogène et surtout de l'hélium. Les vitesses radiales, à peu près identiques pour tous les éléments et assez peu variables d'un jour à l'autre, étaient de l'ordre de +7 km/sec pour les raies brillantes et de —320 km/sec pour les raies d'absorption de l'hydrogène et de l'hélium. Vers la limite de la série de Balmer, le spectre continu de l'atome d'hydrogène apparaissait en émission.

(6) Les notations 3700^{-} et 3700^{+} désignent respectivement une longueur d'onde un peu inférieure et un peu supérieure à la discontinuité de Balmer.

(7) Les colonnes 2, 4, 6 représentent l'énergie rayonnée par 1^{cm^2} de surface de la photosphère évaluée en ergs par sec., et par unité d'angle solide et dans un intervalle spectral $\Delta\lambda = 1^{cm}$.

(1) Séance du 27 mai 1946.

Nous avons signalé (²) la présence des raies coronales 6374 Å ([Fe X]) du 12 février au 18 mars et 5303 Å ([Fe XIV]) du 12 au 20 février. A partir de cette date, d'importants changements se sont produits dans le spectre, marqués essentiellement par le développement des raies interdites.

Les principales raies de [Fe II], notamment le groupe caractéristique 4244, 4276, 4287 Å, ont fait leur apparition du 22 au 25 et sont devenues, dans la suite, parmi les plus fortes du spectre. Depuis la seconde quinzaine de mars, les raies 4413,8 et 4416,3 Å sont plus fortes que la raie He I 4471,7 Å et la raie interdite 4244 Å plus forte que la raie permise 4233 Å de Fe II.

Le 22 février également apparaissait la raie 4363 Å de [O III] ($^1D - ^1S$) qui s'est renforcée rapidement. Comme dans la plupart des novæ (³), la raie nébulaire 5007 Å ($^3P_2 - ^1D$) ne s'est montrée que plus tard (entre le 14 et le 18 mars), mais, dès le 8 avril, elle était déjà plus intense que la raie 5017 Å (He I 5016 Å, Fe II 5018 Å). Par contre la raie 4959 Å ($^3P_1 - ^1D$) paraît encore très faible. Mais, depuis que l'affaiblissement de la novæ a conduit à poser au moins 4 heures, le spectre continu de la composante géante rouge, avec les fortes bandes de l'oxyde de titane, est devenu très apparent et la raie 4959 Å se trouve précisément dans une région très assombrie par la tête de bande 4955 Å de TiO. Il est difficile d'admettre que cette bande puisse effectivement masquer la raie, mais on comprend que celle-ci n'apparaisse que faiblement sur un fond continu très sous-exposé.

On ne peut préciser la date d'apparition des raies 4068 et 4076 Å de [S II], qui semblent s'être substituées graduellement à un groupe complexe de raies faibles, dues principalement à O II. Les deux raies de [S II] étaient en tous cas bien distinctes le 18 mars. En même temps le doublet 3868-3968 Å de [Ne III] devenait visible; il était extrêmement intense le 30 avril.

Depuis le début des observations, les raies de l'hélium ionisé ont pris de l'importance par rapport à celles de l'hélium neutre, qui se sont beaucoup affaiblies, de même les raies de N III par rapport à celles de N II, qui tendent à disparaître. La raie 4097 Å de N III, par exemple, qui a commencé à être enregistrée autour du 20 février, est devenue finalement plus forte que Hδ. Pour N III comme pour O III, seules sont d'ailleurs bien caractérisées les raies dont l'excitation est prévue par le mécanisme de fluorescence de Bowen (⁴).

L'apparition des raies interdites, qui doit correspondre à un abaissement de la pression, et le renforcement des raies permises de forte excitation rappellent l'évolution générale des novae classiques. Cependant Nova T Coronae se distingue par la structure simple et la finesse relative des raies d'émission, par la

---

(²) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 72.

(³) W. Grotrian, *Zeitschrift für Physik*, 60, 1930, p. 302; J. Dufay et M. Bloch, *Zeitschrift für Astrophysik*, 13, 1936, p. 36.

(⁴) *Astrophysical Journal*, 81, 1935, p. 1; J. Dufay et M. Bloch, *loc. cit.*

présence simultanée, peu après le maximum d'éclat, de raies d'émission, d'excitation fort différentes (He II en même temps que Ca II), enfin par l'apparition temporaire des raies coronales, qui exigeait, dans une certaine couche de l'atmosphère stellaire, un degré d'ionisation extrêmement élevé. Ce dernier caractère semble actuellement particulier aux novæ récurrentes : T Coronæ, R S Ophiuchi, T Pyxidis.

PHYSIQUE. — *Sur l'application des variables sans dimension aux phénomènes discontinus*. Note [1] de M. **André Martinot-Lagarde**, présentée par M. Joseph Pérès.

Le but de cette Note est d'examiner si le théorème de Vaschy-Buckingham sur l'emploi des grandeurs sans dimension est applicable aux phénomènes présentant des discontinuités. Nous énoncerons ainsi ce théorème : *Soit une relation entre les mesures de n grandeurs*

$$f(x, y, \dots) = 0,$$

et soit adopté un système de conventions définissant les unités dérivées à partir de n' unités fondamentales; si cette relation est sous une forme invariante par rapport aux changements d'unités qui conservent les conventions précédentes, elle a pour conséquence une relation entre $(n - n')$ variables sans dimension.

On a donné de ce théorème plusieurs démonstrations. Tandis que celle de Buckingham [2] suppose que la fonction f a des dérivées partielles du premier ordre en tout point, celle de Vaschy [3] et celle de Riabouchinsky [4], ne font appel explicitement à aucune propriété de continuité de f. Mais elles s'appuient sur le lemme : *Une formule de dimensions est nécessairement un produit de puissances*. Or la démonstration classique de ce lemme exige que la fonction de définition φ de toute grandeur nouvelle ait elle-même des dérivées partielles du premier ordre en tout point. Nous allons essayer d'étendre ce lemme.

Soient x, y, z les mesures de grandeurs $\mathfrak{X}$, $\mathfrak{Y}$, $\mathfrak{Z}$; soit par définition

$$u = \varphi(x, y, z) \tag{1}$$

la mesure d'une nouvelle grandeur $\mathfrak{U}$. Soient $x' = ax$, $y' = by$, $z' = cz$, les mesures de $\mathfrak{X}$, $\mathfrak{Y}$, $\mathfrak{Z}$ faites avec d'autres étalons. D'après la définition d'une mesure, la fonction φ donne aussi la nouvelle mesure de $\mathfrak{U}$

$$u' = \varphi(x', y', z'), \tag{2}$$

(1) Séance du 24 juin 1946.
(2) *Phys. Rev.*, 4, 1914, p. 345.
(3) *Traité d'Électricité et de Magnétisme*, 1, Paris, 1890, p. 4.
(4) *Bull. technique du Service Technique de l'Aéronautique*, 17, Paris, 1924, p. 83.

et le quotient u'/u est indépendant des grandeurs $\mathfrak{X}$, $\mathfrak{Y}$, $\mathfrak{Z}$, c'est-à-dire qu'il n'est fonction des six variables x, y, z, x', y', z' que par l'intermédiaire des trois quotients a, b, c.

Certaines des grandeurs peuvent être de même nature, par exemple $\mathfrak{X}$ et $\mathfrak{Y}$; il vient alors $b = a$ et

$$\frac{\varphi(x', y', z')}{\varphi(x, y, z)} = \frac{\varphi(ax, ay, cz)}{\varphi(x, y, z)} = h(a, c). \tag{3}$$

Il en résulte

$$h(1, 1) = 1, \tag{4}$$

$$h(a, c) = h(a, 1).h(1, c). \tag{5}$$

Pour déterminer h, prenons les logarithmes de φ, a, x, ...; nous les désignerons par les lettres capitales correspondantes; il vient

$$\Phi(A + X, A + Y, C + Z) - \Phi(X, Y, Z) = H(A, C); \tag{6}$$

d'où, en particulier,

$$\Phi(A + X, A + Y, Z) - \Phi(X, Y, Z) = H(A, O);$$

$$H(A, O) - H(A_0, O) = \Phi(A + X, A + Y, Z) - \Phi(A_0 + X, A_0 + Y, Z) = H(A - A_0, O);$$

la fonction H est donc additive par rapport à chacune de ses variables.

Cauchy a montré que la seule fonction additive continue est la fonction linéaire. Donc, si l'on sait H continue, on a, d'après (4) et (5), m et p étant des constantes,

$$H(A, O) = mA, \qquad H(O, C) = pC, \qquad h(a, c) = a^m c^p. \tag{7}$$

De plus il a été établi qu'une fonction additive discontinue n'est ni bornée, ni monotone dans aucun intervalle ([5]), et qu'elle prend, au moins une fois dans tout intervalle, une valeur aussi proche qu'on veut d'une valeur arbitraire ([6]). Pour que (7) soit la seule solution de (3), il suffit donc qu'on puisse trouver dans le plan des A, H un seul rectangle fini où il n'y ait pas de point A, H(A). Dans l'espace des X, Y, Φ, cela correspond à la restriction que, si l'on fait passer par un point X_0, Y_0, $\Phi(X_0, Y_0)$ le plan $Y = X + Y_0 - X_0$, il existe dans ce plan au moins un rectangle ne contenant aucun point X, Y, $\Phi(X, Y)$.

Le lemme est donc valable pour une classe de fonctions φ plus étendue que celle des fonctions ayant des dérivées. Avec la restriction précédente sur les fonctions de définition, le théorème de Vaschy-Buckingham se trouve ainsi généralisé. La restriction posée n'exclut d'ailleurs, à ce qu'il nous semble, aucune fonction de définition actuellement utilisée en Physique.

([5]) DARBOUX, *Bull. Sci. math.*, 1re série, 9, 1875, p. 281.

([6]) HAMEL, *Mathem. Annalen*, 60, 1905, p. 459.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Étude comparée, par spectrographie Raman et infrarouge, des combinaisons d'addition de l'antipyrine et de l'hydroquinone.* Note (1) de MM. **Jean Lecomte, Félix-Jean Taboury**, et **Élie Gray**, présentée par M. Jean Cabannes.

Des recherches précédemment effectuées, soit par analyse thermique, soit par l'étude aux rayons X, sur la structure de l'antipyrine (2) et celle de ses combinaisons d'addition moléculaire (3) (4), ont montré l'existence de deux combinaisons d'addition avec l'hydroquinone : l'une *Ant.* 2-*Hyd.* 1, qui se présente sous deux formes cristallines différentes α et β; l'autre *Ant.* 2-*Hyd.* 3.

Afin d'approfondir l'étude de la structure de ces combinaisons, nous nous sommes adressés à leurs spectres Raman et infrarouge, pris sous différents états physiques. L'absorption a été mesurée avec un spectrographe enregistreur à prisme de fluorine, dans la région la plus intéressante (5 à 8μ).

Le radical phényle, présent dans la molécule d'antipyrine, se caractérise par un spectre bien défini, quelle que soit la combinaison dans laquelle il est engagé. Cette remarque permet de mettre en évidence les nombres d'onde suivants, propres au groupement cétonique C=O qui existe dans les trois composés étudiés :

Ant. 2-*Hyd.* 1.	Raman.....	solide α	1571	1620	1650 cm⁻¹
	Infrarouge..	»	1571	–	1652
	Raman.....	solide β	1564	1623	–
	Infrarouge..	»	1574	1612	1647
	Raman.....	liquide	1578	–	1643
Ant. 2-*Hyd.* 3.	Raman.....	solide	1546	1568	1630
	Infrarouge..	»	–	–	1626
Antipyrine.	Raman.....	solide	–	1658	–
	»	liquide	–	–	1687±10
	Infrarouge..	solide	1549	–	1683

Jusqu'à présent on admettait que le groupement C=O, caractéristique de la fonction cétone, se traduisait par une seule fréquence, observable dans les spectres d'absorption infrarouge et de diffusion, par exemple vers 1700-1730 cm⁻¹ pour la série aliphatique et vers 1680 cm⁻¹ pour la série aromatique. Nos résultats montrent au contraire que, dans nos composés, *la fonction cétonique n'est pas caractérisée par une seule raie, mais par un groupe de trois fréquences,* qui diffèrent entre elles de 40 cm⁻¹ en moyenne. Elles sont indépen-

(1) Séance du 8 juillet 1946.

(2) Taboury et Boureau, *Bull. Soc. Chim.*, 12, 1945, p. 594.

(3) Paulin, *Thèse Doct. Pharm.*, Paris, 1925; Taboury et Gray, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 321; Taboury et Gray, *Bull. Soc. Chim.*, 11, 1944, p. 435.

(4) Taboury et Boureau, *Bull. Soc. Chim.*, 12, 1945, p. 698.

dantes de l'état physique de la substance considérée. Les intensités sont, de leur côté, soumises à des variations qui dépendent de cet état physique. Nous voyons de plus que, dans les combinaisons de l'antipyrine et de l'hydroquinone, le groupe de bandes attribuables à la fonction cétonique est seulement déplacé dans son ensemble. Ce parallélisme des spectres facilite beaucoup leur interprétation.

Les valeurs particulièrement basses des fréquences caractéristiques ne représentent pas un cas isolé. Nous avons reconnu la généralité du phénomène.

Positions et intensités des maxima d'absorption (en cm^{-1})

Antipyrine, solide. — 1302 (F), 1328 (F), 1375 (aF), 1400 (m), 1426 (f, l), 1454 (f, l), 1492 (f), 1549 (aF), 1592 (aF), 1683 (FF).

Ant. 2-*Hyd.* 1, solide. — 1227 (m), 1246 (f), 1317 (aF), 1362 (F), 1412 (F), 1491 (F), 1571 (ff), 1652 (F).

Ant. 2-*Hyd.* 1, solide. — 1247 (f), 1287 (f), 1314 (F), 1362 (F), 1414 (F), 1491 (F), 1574 (f), 1610 (f), 1647 (aF).

Ant. 2-*Hyd.* 3, solide. — 1245 (aF), 1283 (f), 1362 (F), 1422 (f), 1472 (F), 1526 (F), 1589 (F), 1623 (F).

Hydroquinone, solide. — 1247 (f), 1322 (m), 1373 (m), 1400 (m), 1430 (m), 1477 (F) 1526 (F).

Les fréquences attribuables à la fonction cétonique de l'antipyrine sont particulièrement remarquables. Dans le spectre Raman de l'antipyrine solide la raie 1658 (10), analogue à la raie de l'acétone ordinaire vers 1715 cm^{-1} correspondant à une vibration du type ω_2, avait déjà été attribuée à la fonction cétonique de ce composé ([3]). Les altérations de fréquence, de largeur et d'intensité de cette raie, lorsque l'antipyrine est engagée dans une combinaison d'addition moléculaire avec un phénol ([4]), ([5]), témoignent de l'intervention de ce groupement dans une liaison avec le groupement —(OH) de la molécule phénolique ([6]), avec mise en jeu d'un pont hydrogène.

Il est également remarquable, dans l'ensemble des spectres d'absorption et de diffusion, que la raie 1328 de l'antipyrine subisse des altérations du même genre que celle de la raie 1658 cm^{-1}. Dans le cas de *Ant.* 2-*Hyd.* 1, elle est remplacée par un groupe de trois raies : 1321, 1338, 1360 cm^{-1}. Des modifications sont également observables en fonction de l'état physique. Pour la combinaison *Ant.* 2-*Hyd.* 3, on mesure uniquement la fréquence 1362 cm^{-1}.

([5]) GRAY, *Bull. Soc. Chim.*, **12**, 1945, p. 507; VON HERBERT HOYER, *Zeits. f. Electroch.* **49**, 1942, p. 97.

([6]) MORGAN et DREWS, *J. Chem. Soc.*, **117**, 1920, p. 1457; FREYMANN et Mme FREYMANN, *J. Phys. et Rad.*, **7**, 1936, p. 476; FREYMANN, *Bull. Soc. Chim.*, **4**, 1937, p. 944; SIDGWICK, *Théorie électronique de la valence*, Oxford, 1927; LOWRY, *Bull. Soc. Chim.*, **35**, 1924, p. 822; HILBERT, WULF, HENDRICKS et LIDDEL, *Nature* (London), **136**, 1935, p. 147.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'énergie convertie en chaleur pendant le régime transitoire dans les circuits en résonance. Applications aux soudeuses électriques.* Note de M. DIMITRI GENKIN, présentée par M. René Barthélemy.

On sait que la fermeture brusque d'un circuit de résistance (R) et de coefficient de self-induction (L) contenant une force électromotrice alternative donne lieu à des surintensités dépendant de la phase de la f. é. m. au moment de la fermeture, surintensités qui sont particulièrement importantes avec des bobinages contenant des noyaux de fer. On peut constater par contre, que si l'on met en série, avec un tel circuit, une capacité créant une résonance sur la fréquence d'alimentation, le phénomène change entièrement d'aspect. La composante apériodique du courant, due à l'établissement du flux dans le noyau de fer se trouve atténuée par le condensateur, et la surintensité variable à laquelle elle donne naissance disparaît pratiquement. L'établissement du courant devient plus progressif qu'il ne serait dans un circuit ne contenant que (R) et (L). Les oscillogrammes, pris sur des circuits accordés en résonance confirment l'absence des surintensités et montrent la croissance régulière du courant à partir de la fermeture, quelle que soit la phase de la f. é. m. au moment de l'enclenchement.

Dans certaines applications, on cherche notamment à produire des quantités égales d'énergie dans des impulsions successives de courant de même durée. Le procédé de soudure électrique par points est une de ces applications. Si le circuit ne contient que (R) et (L), la quantité de chaleur dégagée dans un point de soudure dont la durée ne dépasse pas souvent 3 à 5 périodes, dépendra de la phase de la f. é. m. au moment de la fermeture et tout réglage précis sera impossible. Certains points de soudure seront brûlés, tandis que d'autres resteront mal soudés. Par contre, avec un condensateur monté en série et accordé en résonance, le contrôle du temps et de la quantité de chaleur produite par point de soudure sera rendu possible. Un calcul simple, basé sur les équations classiques d'un circuit oscillant amorti, de constantes R. L. C. m'a montré que :

1° dans un tel système, accordé en résonance sur la fréquence de la source alternative, l'énergie transformée en chaleur pendant le régime transitoire est toujours inférieure à celle que dégagerait, s'il existait seul, le courant en régime permanent pendant le même temps;

2° l'écart maximum entre ces deux quantités est sensiblement la moitié de celui qui existerait dans le circuit si on substituait une source continue à la source alternative, le condensateur étant supprimé, et le coefficient de self-inductance L étant remplacé par (2L).

Un cas particulièrement intéressant est celui où le condensateur ne possède aucune charge au moment de la fermeture du circuit : on trouve, en effet, que

l'énergie convertie en chaleur pendant le régime transitoire, considéré sur un temps suffisamment long, est constante. Elle l'est encore, approximativement, lorsque la durée est réduite à celle indiquée précédemment pour les soudures.

Ainsi, dans le circuit, réglé à la résonance, quelle que soit la phase au moment de la fermeture, on dispose pendant un temps déterminé, d'une énergie connue pour le chauffage du point de soudure, à condition de décharger le condensateur pendant la période de repos.

Cet effet de la présence d'un condensateur accordé dans un circuit soumis à des enclenchements et à des ruptures répétées se succédant rapidement, a une importance particulière pour le réglage précis dans le procédé de soudure par points à grande vitesse, lorsqu'on ne veut pas recourir au contrôle synchrone qui nécessite la présence de tubes à vide de puissance élevée et de circuits compliqués.

MAGNÉTISME. — *Le calcul du champ coercitif d'après les théories de Becker et de Kersten.* Note (¹) de M. **Louis Néel**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les travaux de Becker (²) et de son école, ceux plus récents de Kersten (³) s'accordent pour attribuer les phénomènes d'hystérésis et le champ coercitif à des variations locales de la tension superficielle γ des parois de séparation entre les domaines élémentaires. En effet, lorsque l'énergie γ, normalement constante, égale à γ_0 et de l'ordre de l'erg/cm², varie irrégulièrement avec la position de la paroi, l'analyse montre que les déplacements sont irréversibles. Pour Becker, les variations de γ proviennent des inégalités des tensions internes; pour Kersten, elles sont dues à des cavités ou à des inclusions qui suppriment des portions de paroi et font disparaître ainsi l'énergie superficielle correspondante. Pour calculer le champ coercitif, les auteurs supposent la paroi plane et l'aimantation uniforme et rigide dans les deux domaines élémentaires adjacents. Si l'on repère la position de la paroi par son abscisse x, comptée sur un axe XX' perpendiculaire au déplacement, on trouve alors que pour obtenir des champs coercitifs, de l'ordre de plusieurs centaines de gauss, comparables aux champs observés, il faut que, dans un intervalle δx, comparable à l'épaisseur de paroi, la variation $\delta\gamma$ de γ soit comparable à γ_0.

Ce mode de calcul force à supposer qu'il existe des perturbations du réseau cristallin qui s'étendent en largeur sur plusieurs dizaines de microns, et en épaisseur sur 0,1 micron seulement. Cette hypothèse, ainsi que celle de la planéité de paroi, est indéfendable.

(¹) Séance du 8 juillet 1946.

(²) Becker et Döring, *Ferromagnetismus* (Berlin, 1939).

(³) *Grundlagen einer Theorie der ferromagnetischen Hysterese und der Koerzitivkraft* (Leipzig, 1943).

On obtient certainement une meilleure représentation des variations irrégulières de γ en utilisant un procédé qui a réussi pour d'autres problèmes ([1]) et en développant γ en fonction des coordonnées de position, sous la forme d'une triple série de Fourier, limitée à $8\,N^3$ termes, dont les coefficients γ_i seront considérés comme des variables aléatoires. On trouve qu'en désignant par $\overline{\gamma^2}$ la moyenne quadratique de la partie purement aléatoire de γ, $\overline{\gamma_i^2}$ est égal à $\overline{\gamma^2}/N$. Le nombre N, d'autant plus grand que l'échelle des perturbations est plus petite, est au plus égal au rapport L/e du parcours total possible L de la paroi à son épaisseur e, c'est-à-dire à quelques centaines.

Si l'on conserve l'hypothèse d'une paroi plane, il est alors facile de calculer l'énergie d'une paroi en fonction de son abscisse x et d'en déduire une expression approximative H_c du champ coercitif probable

$$H_c = \frac{(\overline{\gamma^2})^{\frac{1}{2}}}{2L\mathfrak{J}_s}\left(\frac{\log 2N}{12}\right)^{\frac{1}{2}}, \tag{1}$$

où $\mathfrak{J}_s$ représente l'aimantation spontanée (1700 pour le fer) et où L est de l'ordre de 10^{-3} cm. Avec les plus fortes perturbations possibles de γ ($\overline{\gamma^2}$ de l'ordre de γ_0^2), cette expression donne un champ coercitif qui est de l'ordre du gauss, bien plus petit que les champs observés.

Tenons compte, maintenant, des déformations inévitables des parois. Les phénomènes de champs démagnétisants internes limitent alors les déformations possibles : la paroi garde la forme d'une surface cylindrique à génératrices parallèles à la direction de l'aimantation, semblable en somme à une tôle ondulée. On trouve alors, après des calculs pénibles, l'expression approximative suivante :

$$H_c = \frac{\pi^2 N \overline{\gamma^2}}{240\, L\mathfrak{J}_s\gamma_0}\left(\frac{\log 4N}{3}\right)^{\frac{1}{2}}. \tag{2}$$

Comme L/N est au minimum de l'ordre de 10^{-5} cm, l'expression (2) donne un champ qui est au maximum de l'ordre de quelques gauss, encore bien inférieur au champ coercitif des aimants permanents courants.

Ainsi, après avoir amélioré les conditions du calcul et rendu plus plausibles les hypothèses initiales, il faut en conclure finalement que les variations de la tension superficielle de paroi ne jouent qu'un rôle secondaire dans l'origine du champ coercitif. Contrairement à ce qu'en pensent leurs auteurs, les théories actuellement admises ne permettent pas d'interpréter les faits expérimentaux.

([1]) Néel, *Comptes rendus*, 220, 1945, pp. 738-814.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Appareil de mesures de rayonnement sur ondes métriques et décamétriques.* Note de M. **Fernand Carbenay**, présentée par M. Camille Gutton.

Nous avons indiqué (1) une méthode de mesure de rayonnement sur ondes courtes, basée sur l'emploi d'un cadre accordé dont on mesure la résistance totale pour déterminer la force électromotrice induite par le champ électromagnétique à mesurer.

La présente Note a pour objet la réalisation d'un appareil de mesures de rayonnement sur ondes métriques et décamétriques établi de façon telle que la force électromotrice induite par un générateur local dans le collecteur d'ondes, et appliquée par l'intermédiaire d'un circuit inducteur, soit déterminée par la mesure de l'intensité du courant inducteur.

Le collecteur d'ondes (antenne, cadre ou dipôle) est bien dégagé des autres appareils auxquels il est relié par des lignes de longueur suffisante pour que le champ auquel est soumis le collecteur ne soit pas sensiblement perturbé par le voisinage des autres appareils et par la présence de l'opérateur.

Le collecteur est couplé par induction magnétique (enroulements toroïdaux), au voisinage immédiat de son nœud de tension, à la ligne reliant cet aérien au générateur (ou à l'atténuateur de cet appareil) et à la ligne reliant l'aérien aux appareils de réception (comportant éventuellement un atténuateur).

L'intensité du courant dans le collecteur d'ondes reprend la même valeur quand on substitue, à la force électromotrice induite par le champ à mesurer, une force électromotrice identique, de même forme et de même amplitude, induite dans le collecteur par le courant circulant dans le circuit inducteur, ce qui implique soit un couplage assez faible du collecteur au circuit inducteur, soit la coupure du circuit inducteur quand le collecteur est soumis à l'action du champ à mesurer.

La force électromotrice de substitution induite dans le collecteur d'ondes est déterminée par la mesure de l'intensité du courant produit par le générateur dans le circuit inducteur qui est réalisé de façon que cette intensité de courant soit sensiblement la même tout le long de ce circuit.

Le circuit inducteur comporte un appareil destiné à la mesure de l'intensité du courant produit par le générateur; sa longueur d'onde propre est une fraction suffisamment petite de la longueur d'onde du champ à mesurer pour que la définition du coefficient d'inductance mutuelle, entre le collecteur et le circuit inducteur, conserve son sens aux fréquences élevées; enfin ce coefficient d'inductance mutuelle M, bien défini et calculable, est mesuré lors de l'étalonnement de l'appareil.

---

(1) C. Gutton et F. Carbenay, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1954.

Le circuit inducteur, comprenant l'appareil (couple thermoélectrique) destiné à la mesure de l'intensité du courant inducteur, et le circuit de réception couplés au collecteur d'ondes sont réalisés et blindés séparément de façon qu'aucun effet sensible (dans les conditions d'emploi de l'installation) ne soit exercé par :

a. le champ à mesurer ou le circuit inducteur sur le récepteur autrement que par l'intermédiaire du collecteur d'ondes;

b. le générateur sur le collecteur d'ondes autrement que par l'induction magnétique résultant du couplage du circuit inducteur avec le collecteur.

Soit à mesurer, par exemple, l'intensité F du champ électrique d'une onde électromagnétique plane induisant dans un collecteur d'ondes, de hauteur effective h, une force électromotrice sinusoïdale E, de fréquence f, produisant sur le récepteur un effet équivalent à celui produit par un courant inducteur sinusoïdal, de même fréquence, d'intensité I

$$F = \frac{E}{h} = 2\pi M \frac{f}{h} I.$$

L'intensité I est généralement trop faible pour être mesurée à l'aide de l'appareil inséré dans l'enroulement inducteur. On note le rapport d'affaiblissement a de l'atténuateur supposé associé au générateur et l'on réduit le rapport d'affaiblissement à une valeur a_0 pour laquelle il est possible de mesurer l'intensité I_0 du courant inducteur correspondant

$$\frac{I}{I_0} = \frac{a_0}{a}.$$

D'où

$$F = 2\pi M \frac{f}{h} \frac{a_0}{a} I_0.$$

Si le collecteur d'ondes est un cadre bien orienté, de surface totale S, l'intensité du champ est, en désignant par c la vitesse de propagation

$$F = c \frac{M}{S} \frac{a_0}{a} I_0.$$

Le rapport a_0/a est déterminé d'après l'étalonnement de l'atténuateur.

Le couple thermoélectrique destiné à la mesure de l'intensité I_0 du courant inducteur a une résistance approximativement égale à l'impédance caractéristique de la ligne reliant le générateur au collecteur d'ondes.

La puissance du générateur local est déterminée en fonction de la puissance de chauffage du couple, de l'intensité maxima des champs à mesurer et de l'affaiblissement de la ligne précitée.

OPTIQUE. — *Composition du rayonnement diffusé par la vapeur de mercure au voisinage immédiat de la résonance optique.* Note de M. **Robert Lennuier**, présentée par M. Jean Cabannes.

La vapeur de mercure contenue dans un tube T sous une pression de $1,85.10^{-4}$ mm (0°C.) est éclairée par la raie 2537 Å filtrée par une cuve C_1 de 10^{cm} d'épaisseur remplie de vapeur de mercure sous une pression p_1. Les atomes excités par ce rayonnement restent sur le niveau $^3P_1$ soit pendant un temps *long* caractérisé par la durée de vie moyenne $\tau = 1,1.10^{-7}$ sec de ce niveau, soit pendant une période *courte* ([1]) fonction de l'écart entre fréquences incidentes ν et fréquences propres ν_0 des niveaux hyperfins $^3P_1$. Nous avons cherché sur quelles fréquences ont lieu les réémissions correspondantes.

Dans les expériences qui vont être décrites le rayonnement réémis dans le tube T traverse, avant de sortir de celui-ci, une couche de vapeur de 9mm d'épaisseur (pression $1,85.10^{-4}$ mm); un rayonnement de fréquences (ν_0) (fréquences propres étalées par effet Doppler) est alors observable, l'absorption subie dans la couche renversante étant de l'ordre 50 %.

Un champ magnétique de quelques gauss parallèle à la direction d'observation (perpendiculaire à la direction d'incidence) dépolarise complètement les émissions correspondant aux durées de passage de l'atome par le niveau $^3P_1$ *longues*, mais reste sans action sur les émissions correspondant aux durées de passage *courtes*; un biréfringent permet de déterminer le rapport $\mathcal{J}_D/\mathcal{J}_P$ des intensités reçues des rayonnements correspondants, les émissions *courtes* donnant toujours un rayonnement totalement polarisé à cause des conditions de cohérence qu'elles requièrent ([2]).

Première série de mesures. Passage de la résonance à la diffusion. — On mesure $\mathcal{J}_D/\mathcal{J}_P$ pour le rayonnement sortant de T, les fréquences incidentes ν étant progressivement éloignées des fréquences ν_0 par accroissement de p_1. Le tableau ci-dessous donne les résultats :

p_1(10^{-3} mm).........	0.	1,2.	4,1.	8,6.	12,6.	18.	35.	66.	126.
$\mathcal{J}_D/\mathcal{J}_P$.............	200	55	9,1	5,0	3,55	2,20	1,50	1,21	1,15

Interprétation. — Lorsque p_1 est faible, l'émission de résonance domine largement; grâce à l'étalement par effet Doppler des fréquences propres ν_0, elle subsiste lorsque p_1 croît ([3]), mais avec une intensité qui diminue très rapidement par rapport à celle du rayonnement de diffusion cohérente $\mathcal{J}_P$ (décroissance exponentielle du profil des ν_0 étalées par effet Doppler). Pour p_1

([1]) R. Lennuier, *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 153 et 617.

([2]) R. Lennuier, *Annales de Physique*, 20, 1945. p. 91; *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 77.

([3]) R. Lennuier, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 665.

voisin de 18.10^{-3} mm la rapidité de cette décroissance s'atténue brutalement, celle-ci prenant une allure très lente au delà de $p_I = 35.10^{-3}$ mm. La résonance a alors totalement disparu, conformément à ce que permet de prévoir le calcul des profils de répartition spectrale des fréquences (ν_0) et (ν); on est alors en présence du rayonnement *diffusé* proprement dit; on voit qu'il comporte une fraction importante d'émissions *longues*.

Deuxième série d'expériences. Analyse du rayonnement de diffusion. — On fixe p_I à 66.10^{-3} mm. Une seconde cuve C_{II} (épaisseur 2^{cm}) remplie de vapeur de mercure à la pression p_{II} est interposée sur le faisceau observé. On mesure à la fois la polarisation et l'intensité totale du rayonnement que laisse passer C_{II}, d'où l'on déduit $\mathcal{J}_D/\mathcal{J}_P$ et $\mathcal{J}_P$ (cette dernière en valeurs relatives).

Le tableau ci-dessous donne les résultats :

$p_{II}(10^{-3}$ mm)...........	0.	0,185.	1,0.	6,0.	35.	160.
$\mathcal{J}_D/\mathcal{J}_P$................	1,4	1,0	0,61	0,59	0,39	0,33
$\mathcal{J}_P$..................	1	1	1	1	0,925	0,335

Le calcul des *bandes passantes* définies par C_{II} indique que les fréquences (ν_0) sont absorbées progressivement lorsque p_{II} croît de 0 à 1.10^{-3} mm (absorption alors totale) tandis que l'absorption des fréquences (ν) (coïncidant, à l'élargissement Doppler près, avec les fréquences incidentes) ne commence qu'à partir de $p_{II} = 6.10^{-3}$ mm. Le tableau indique alors immédiatement que le rayonnement diffusé se répartit sur les deux groupes de fréquences (ν_0) et (ν). On a $\mathcal{J}_D(\nu_0)/\mathcal{J}_P = 0,81$ (chiffre à multiplier par 2 environ pour tenir compte de l'absorption dans la couche renversante de T). En outre :

a. Les émissions *courtes* ont lieu seulement sur les fréquences non changées (ν) [constance de $\mathcal{J}_P$ durant l'absorption des fréquences (ν_0)].

b. Les émissions *longues* sont, relativement à $\mathcal{J}_P$, plus intenses sur les ailes qu'au centre du profil des fréquences (ν).

Des mesures analogues ont été faites pour d'autres valeurs de p_I; lorsque celles-ci sont suffisantes pour qu'il n'y ait plus aucune résonance pure, le rapport des intensités des rayonnements dus aux émissions *longues* respectivement sur (ν_0) et sur (ν) est constant

$p_I(10^{-3}$ mm)..........	35.	66.	126.
$[\mathcal{J}_D(\nu_0) + \mathcal{J}_D(\nu)]/\mathcal{J}_P$.......	1,50	1,21	1,15
$\mathcal{J}_D(\nu_0)/\mathcal{J}_D(\nu)$.............	1,06	1,06	1,06 (*)

(*) Chiffres à multiplier par 2 environ pour tenir compte de la couche renversante de T.

Il y a donc une liaison très étroite entre les émissions *longues* sur (ν_0) et (ν).

Nous avons vérifié que toutes ces émissions ne font intervenir qu'un seul atome (intensités proportionnelles à la pression dans T). Enfin nos expériences antérieures ([1]) ont été reprises avec toutes les précautions qu'impose la complexité du rayonnement diffusé, révélée par les mesures dont il vient d'être question : rien n'est à modifier dans nos conclusions précédentes.

EFFET RAMAN. — *Modifications apportées au spectre de Raman d'un cristal de quartz par une compression dirigée suivant un axe binaire.* Note de MM. **Michel Mariée** et **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'influence de la pression sur les propriétés des oscillations fondamentales d'un cristal n'avait jamais été étudiée. Nous avons cherché à mettre en évidence les modifications du spectre de diffusion qui accompagnent l'abaissement de symétrie produit dans un cristal de quartz α par une compression dirigée suivant un axe binaire.

Les raies du spectre de diffusion du quartz ont été observées et classées par Cabannes et Bouhet [1]. Le quartz appartient à l'un des groupes infinis D_3^4 ou D_3^6 énantiomorphes, qui se composent respectivement des groupes C_3^2 ou C_3^3 et de trois groupes C_2^3 [2]. La compression suivant un axe binaire ne laisse subsister que les éléments de symétrie de l'un des groupes C_2^3 : les axes ternaires disparaissent. Il en résulte les modifications suivantes pour l'ensemble des oscillations fondamentales : 1° Quatre oscillations simples antisymétriques par rapport aux axes binaires deviennent actives en diffusion; 2° Chacune des huit oscillations dégénérées se dédouble en une symétrique et une antisymétrique, toutes deux actives. On peut donc prévoir les modifications suivantes du spectre de diffusion : 1° Apparition de quatre nouvelles raies vraisemblablement faibles; 2° Dédoublement des huit raies correspondant aux oscillations initialement dégénérées. En outre, les distances interatomiques étant pour la plupart diminuées par la compression, les fréquences de certaines oscillations peuvent se trouver augmentées, et les raies correspondantes déplacées.

Le parallélépipède de quartz utilisé était soumis, au moyen d'une presse hydraulique à une pression de 3,2 t/cm². La lumière diffusée était reçue par le spectrographe dans la direction de l'axe ternaire primitif, l'éclairage ayant lieu transversalement.

L'analyse des spectrogrammes de diffusion nous permet d'affirmer un déplacement de la raie provenant de l'oscillation dégénérée de fréquence 128 cm^{-1}. Ce déplacement, très nettement mesurable, indique une augmentation de fréquence de 2 cm^{-1}. Nous avons constaté, mais avec moins de certitude, un déplacement de la raie due à l'oscillation de fréquence 264 cm^{-1}, décelant une augmentation de cette fréquence. Nous pensons avoir aperçu une nouvelle raie tout près de celle qui correspond à l'oscillation de fréquence 204 cm^{-1}.

Nos expériences montrent donc que des pressions réalisables pratiquement peuvent modifier effectivement le spectre de diffusion d'un cristal.

(1) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 768.
(2) G. Friedel, *Leçons de cristallographie*, Paris, 1926, p. 204.

PHYSICOCHIMIE. — *La planéité du butadiène et le calcul matriciel de Pauling.* Note [1] de M. **Jean Guy**.

Considérons une molécule dont les schémas de valence mésomères sont représentés par la suite de fonctions de valence $\varphi_1, \ldots, \varphi_i, \ldots, \varphi_n$. Pour calculer l'énergie de l'état fondamental de la molécule, Pauling forme l'équation séculaire

$$\left| \int \varphi_i H \varphi_j \, d\tau - E_k \int \varphi_i \varphi_j \, d\tau \right| = 0,$$

et la plus petite valeur E_0 des racines E_k de cette équation représente l'énergie de l'état fondamental de la molécule. Pour les carbures aromatiques et polyéthyléniques, les différents termes du déterminant séculaire s'expriment en définitive en fonction d'un seul paramètre α, qui est, d'après sa définition, la valeur de l'intégrale d'échange relative au deuxième trait de la double liaison.

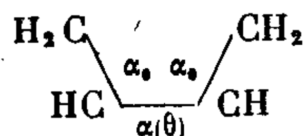
Les calculs ont été effectués jusqu'ici en supposant les structures planes. Aucune difficulté sérieuse n'empêche de les poursuivre en supposant des torsions de certaines liaisons, à condition de connaître la variation de α en fonction de l'angle de torsion θ.

En 1934, W. G. Penney [2] a montré que

$$\alpha(\theta) = \frac{\alpha_0}{4}(1 + 3\cos 2\theta),$$

en désignant par α_0 la valeur de α pour $\theta = 0$ (configuration plane).

Étudions la variation de l'énergie de la molécule du butadiène au cours de la torsion de la liaison centrale.



La méthode de L. Pauling [3] conduit à l'équation séculaire

$$\begin{vmatrix} (Q - E_k) + 2\alpha_0 - \dfrac{\alpha(\theta)}{2} & \dfrac{1}{2}(Q - E_k) + \alpha_0 + \dfrac{\alpha(\theta)}{2} \\ \dfrac{1}{2}(Q - E_k) + \alpha_0 + \dfrac{\alpha(\theta)}{2} & (Q - E_k) - \alpha_0 + \alpha(\theta) \end{vmatrix} = 0$$

(Q est l'intégrale de Coulomb de la symbolique de Pauling).

---

(1) Séance du 1er juillet 1946.

(2) *Proc. Phys. Soc.*, **46**, 1934, p. 333.

(3) *J. Chem. Phys.*, **1**, 1933, p. 280.

Ceci donne, pour $\theta = 0$ et π,

$$E_0 = Q + \alpha_0\sqrt{3},$$

et, pour $\theta = \pi/2$ et $3\pi/2$,

$$E'_0 = Q + \alpha_0\frac{\sqrt{21}}{2}.$$

Il s'ensuit que E'_0 est inférieur à E_0 (α_0 est négatif). Ce résultat est en contradiction avec l'expérience, car les configurations perpendiculaires du butadiène ($\theta = \pi/2$ et $3\pi/2$) seraient alors plus stables que les configurations planes ($\theta = 0$ et π).

Considérons le premier terme du déterminant séculaire. Il indique que l'énergie du schéma

$$^{1}\!\diagdown_{2}\!__\!/\!/_{3}^{4} \quad \text{est} \quad W = Q + 2\alpha_0 - \frac{\alpha(\theta)}{2}.$$

W, qui ne devrait pas varier au cours de la torsion de la liaison centrale ([1]), dépend de θ. Pour le schéma envisagé, la configuration perpendiculaire est déjà plus stable que la configuration plane, par une décroissance d'énergie de $3\alpha_0/4$. Si l'on prend comme Pauling $\alpha_0 = -1,5$ eV, au cours de la torsion de simple liaison il faut franchir des seuils de potentiel de 1,12 eV, soit 25,8 Kcal/mol.

Les fonctions de valence de Pauling sont construites à partir d'une certaine hybridation des fonctions d'ondes électroniques atomiques. L'électron π, situé sur l'orbite atomique p_z, agit d'une manière égale le long des 3 liaisons coplanaires du carbone, et c'est la forme de sa fonction d'onde qui est responsable de l'interaction variable avec θ entre les carbones 2 et 3 du butadiène pour le schéma non excité. Il serait donc nécessaire de corriger la forme de la fonction de valence éthylènique afin de rendre nulle l'interaction des électrons π le long d'une simple liaison.

Cette conception aplanit d'ailleurs une autre difficulté. A partir de la fréquence de torsion de l'éthylène, Penney a trouvé $\alpha_0 = -0,72$ eV, valeur concordant avec le calcul théorique de Bartlett et avec la chaleur d'activation des composés dérivant de l'éthylène ([1]). Pour les éléments de la diagonale principale des déterminants séculaires, si les fonctions de valence sont corrigées comme il vient d'être préconisé, les termes négatifs en α vont disparaître. Pour conserver l'accord avec l'expérience, l'α_0 véritable devra donc être sensiblement plus faible que l'α_0 calculé par Pauling. Pour les molécules relativement grosses (naphtalène, anthracène etc.), sur lesquelles les calculs ont été effectués, les termes négatifs en α_0 sont en moyenne de l'ordre de la moitié des termes positifs. Ceci paraît être à l'origine du fait que l'α_0 calculé par Penney est précisément la moitié de l'α_0 calculé par Pauling.

([1]) J. Guy, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 85.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de l'hydroxyde de nickel précipité.* Note (¹) de Mlle **Jacqueline Longuet**, présentée par M. Paul Lebeau.

Dans son étude sur l'hydroxyde de nickel précipité, qui cristallise dans le système hexagonal, Feitknecht (²) a signalé que certaines raies du diagramme de rayons X, en particulier la raie (001), $d_{001} = 4{,}59$ Å, sont très élargies comparativement aux raies (*hko*). Il en a conclu que les microcristaux formés au cours de la précipitation se présentent sous forme de minces lamelles normales à l'axe *c*, et, d'après la largeur des raies mesurée, il a calculé les dimensions de ces cristaux.

Or nous avons observé qu'en opérant avec certaines précautions, la réaction entre le chlorure de nickel et la soude, ou l'ammoniaque, donne naissance à un corps dont le diagramme présente, en plus des raies normales de l'hydroxyde de nickel, des raies relativement intenses correspondant à de grands écartements

$$d_2 = 11{,}7\ \text{Å}, \qquad d_3 = 7{,}3\ \text{Å}, \qquad d_4 = 5{,}4\ \text{Å},$$

qui pourraient être considérés comme les 2e, 3e et 4e ordres d'une période de 22 Å. L'analyse de ce corps après dessiccation montre qu'il contient 2 % de chlore, alors que l'hydroxyde correspondant au diagramme normal n'en contient que 0,9 ou 1 %. (Il y a également formation de carbonate en faible proportion, mais nous avons pu montrer que celui-ci existait dans tous les cas, et qu'il n'était pas lié à l'apparition de raies supplémentaires.) On serait donc en présence, non pas d'une phase unique, l'hydroxyde de nickel, mais d'un mélange de cette phase avec une autre, qui serait probablement un oxychlorure $NiCl_2\,pNi(OH)_2$.

Cette phase oxychlorure s'observe avec une particulière netteté sur des échantillons préparés par dépôt sur une paroi de verre. Les diagrammes obtenus par réflexion sur de telles plaquettes mettent en évidence une structure orientée, les plans de grand écartement étant, comme pour $Ni(OH)_2$, parallèles au plan de la plaquette. En faisant varier les angles d'incidence du faisceau de rayons X avec la préparation, on peut également observer les ordres supérieurs de la période de 22 Å, notamment les ordres 6, 8, 10, 11, 14 et 19. On n'observe pas de raies distinctes de la nouvelle phase coexistant avec $Ni(OH)_2$, correspondant à des plans perpendiculaires ou obliques sur le plan de la plaquette (plans *hko* et *hkl*).

On pourrait interpréter ces observations en admettant que les deux phases, oxychlorure et hydroxyde, cristallisent avec le plan de base commun (raies *hko*

(¹) Séance du 1er juillet 1946.

(²) *Kolloïd Zeitschrift*, **92**, 1940, p. 257; **93**, 1940, p. 66; **101**, 1942, p. 12.

confondues). Cette interpénétration particulière des phases entraînerait une distorsion de la structure de l'hydroxyde [absence d'ordres supérieurs de (001) et élargissement des raies (*hkl*)].

Il est possible de revenir à une structure normale par une ébullition de quelques heures en présence d'eau, qui élimine le chlore; celui-ci se retrouve alors dans l'eau.

Très probablement dans le cas du précipité dont le diagramme ne présente pas les raies centrales supplémentaires, et en particulier dans les conditions où opère Feitknecht, l'existence de la deuxième phase, bien qu'elle ne soit pas mise en évidence, est en partie responsable de l'élargissement de la raie (001), à laquelle serait en réalité juxtaposée une raie plus centrale, peu intense et floue. Nous avons en effet constaté un déplacement de la raie (001) vers le centre du cliché sur les courbes photométriques de cet auteur, comme sur celles que nous avons tracées nous-même pour des échantillons dont le diagramme ne présentait pas les raies supplémentaires distinctes. Tout calcul de grosseur des grains est par conséquent incertain dans ces conditions.

Cet exemple de syncristallisation imparfaite, mise en évidence dans les précipités obtenus à partir d'une solution de chlorure de nickel, n'est pas sans analogie avec les observations que l'on a faites sur les hydrates de l'argile montmorillonite ([3]).

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur deux nouveaux acéto-halogénures de plomb.* Note ([1]) de M. **Edmond Grillot**, présentée par M. Paul Pascal.

L'augmentation de la solubilité des halogénures de plomb dans les solutions aqueuses d'acétate de plomb a été attribuée par divers auteurs ([2]), à la formation d'acéto-halogénures de plomb. Ainsi, par refroidissement de solutions mixtes de chlorure de plomb et d'acétate de plomb il est possible de faire cristalliser le chlorure diplombo-triacétique $Cl[Pb_2(CH_3CO_2)_3]$, $1,5H_2O$ ([3]). En opérant de même avec des solutions aqueuses mixtes de bromure de plomb et d'acétate de plomb, on obtient le bromure diplombo-diacétique $Br_2[Pb_2(CH_3CO_2)_2]$ ([4]).

Cependant le bromure diplombo-triacétique $Br[Pb_2(CH_3CO_2)_3]$ et l'iodure diplombo-triacétique $I[Pb_2(CH_3CO_2)_3]$ ne sont pas isolables à partir de

([3]) Bradley, Green et Clark, *Zeits. Krist.*, 97, 1937, p. 216.

([1]) Séance du 8 juillet 1946.

([2]) Carius, *Ann. Chem.* (*Liebig's*), 125, 1863, p. 87; White, *American Chem. Journ.*, 31, 1904, p. 1; 35, 1906, p. 217; Grillot, *Thèse*, Paris, 1943.

([3]) Grillot, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1049.

([4]) Grillot, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2177.

solutions aqueuses mixtes d'acétate de plomb et de bromure ou d'iodure de plomb. Pour les préparer, il faut employer la méthode suivante ([5]) : 200g d'acétate de plomb cristallisé $(CH_3CO_2)_2Pb, 3H_2O$ sont d'abord soumis à la fusion aqueuse et additionnés de 5^{cm^3} d'acide acétique anhydre. Puis le liquide est saturé d'halogénure de plomb, ce qui exige l'introduction de plus de 30g de bromure de plomb ou de plus de 40g d'iodure de plomb. Après filtration à chaud puis refroidissement, on obtient dans les deux cas une masse solide blanche. Celle-ci est pulvérisée puis placée dans un ballon où s'effectue la distillation du benzène anhydre : l'eau de cristallisation résiduelle et l'acide acétique sont ainsi éliminés et, lorsque le distillat devient limpide, le solide restant n'est plus qu'un mélange d'acétate de plomb et d'acéto-halogénure de plomb, tous deux anhydres. On sépare ensuite ces deux composés par dissolution sélective en les traitant par du chloroforme rigoureusement anhydre, dans un appareil à épuisement à chaud (Kumagawa). L'acétate de plomb anhydre $(CH_3CO_2)_2Pb$ ([6]), très légèrement soluble dans ce solvant, se rassemble dans le ballon inférieur alors que l'acéto-halogénure, qui y est rigoureusement insoluble, reste dans la cartouche. Cette séparation est très longue (plusieurs centaines d'heures) : on élimine de temps à autre l'acétate de plomb anhydre et l'on poursuit l'opération jusqu'à ce qu'il soit avéré que, pendant une période de 48 heures, il ne s'en reforme plus.

Une légère modification dans la préparation de ces deux acéto-halogénures de plomb m'a conduit à isoler deux composés nouveaux.

Dans la méthode décrite plus haut, l'épuisement a lieu vers 50° du fait que le solide à épuiser est échauffé par la vapeur ascendante de chloroforme. Mais il n'en est plus ainsi si l'on utilise un Soxhlet : le solide n'est plus alors en contact qu'avec du chloroforme refroidi vers 25 ou 30°. On constate alors que l'épuisement s'arrête beaucoup plus tôt et que la masse d'acétate de plomb recueillie est bien plus faible qu'avec le Kumagawa.

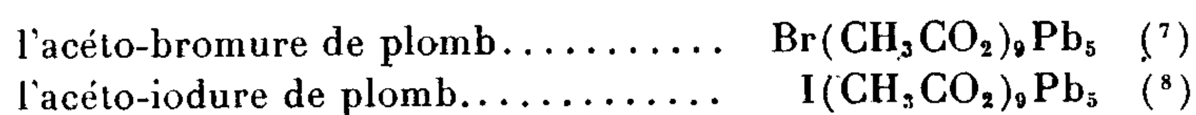
Le solide blanc résiduel a un aspect homogène au microscope si l'on a eu soin d'opérer avec du chloroforme rigoureusement anhydre. La moindre trace d'eau le décompose en effet, et dans le cas de l'acéto-iodure de plomb, on voit apparaître immédiatement la coloration jaune clair caractéristique de l'iodure basique de plomb I(OH)Pb.

Les analyses des deux produits (après essorage et élimination du chloroforme) montrent que leur composition présente une étroite analogie. On trouve en effet, dans un cas comme dans l'autre cinq atomes de plomb pour un

([5]) Grillot, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 910.

([6]) Le résidu recueilli dans le ballon est exempt d'halogène ; il est, de plus, immédiatement et intégralement soluble dans l'eau. Le dosage du plomb donne 64,07 % (calculé 63,71 %).

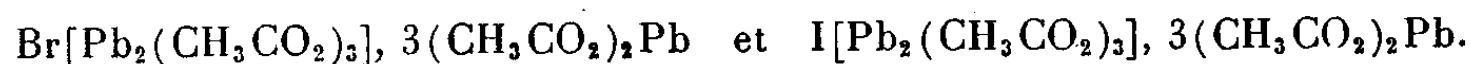
atome d'halogène. Leur formule est respectivement pour


l'acéto-bromure de plomb.......... $Br(CH_3CO_2)_9Pb_5$ (7)
l'acéto-iodure de plomb............ $I(CH_3CO_2)_9Pb_5$ (8)

L'insolubilité complète de ces composés dans le chloroforme à 30°, le rapport stœchiométrique simple que l'analyse met en évidence et la stricte analogie de leur formule donnent lieu de penser qu'il s'agit bien de composés définis.

Ces deux acéto-halogénures de plomb sont d'ailleurs assez peu stables : vers 50°, ils se décomposent lentement en acétate de plomb et halogénures diplombo-triacétique, comme l'atteste l'épuisement par le chloroforme anhydre qui, impossible dans le Soxhlet, se poursuit au contraire dans le Kumagawa. De plus, par dissolution dans l'eau pure, ils se décomposent partiellement en acide acétique et halogénure basique de plomb BrOHPb ou IOHPb, produits d'hydrolyse des halogénures diplombo-triacétique.

Il en résulte que l'on peut regarder ces deux nouveaux sels comme des combinaisons moléculaires, leurs formules étant respectivement


$Br[Pb_2(CH_3CO_2)_3], 3(CH_3CO_2)_2Pb$ et $I[Pb_2(CH_3CO_2)_3], 3(CH_3CO_2)_2Pb$.

Des mesures magnétochimiques sont venues confirmer cette manière de voir.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur une théorie de l'hydrolyse des sels minéraux.* Note (1) de M. **Henri Guiter**, présentée par M. Paul Pascal.

Une réaction d'hydrolyse correspond à un transfert de charges électriques, d'un anion radical acide à un anion hydroxyle, dans le cas d'un sel d'acide faible, d'un cation métal à un cation hydrogène, dans le cas d'un sel de base faible. Ce deuxième cas a retenu particulièrement notre attention. L'état de la solution saline étudiée est fonction de la concentration en cations hydrogène, caractérisée par le pH, et de la concentration en cations métal, caractérisée symétriquement par le pM, c'est-à-dire le cologarithme de la concentration en équivalents-grammes de métal.

Nous avons constaté que les courbes obtenues en portant le pM en abscisse et le pH en ordonnée étaient constituées par des segments de droite. Chaque segment correspond à un phénomène d'hydrolyse particulier, la pente fixant une variation ΔpH du pH, pour une variation donnée ΔpM du pM.

(7)	Plomb.......	3,030 milliatome-gramme par gramme,	soit	62,77 %	(calc.	62,90)
	Brome.......	0,605 »	»	4,83	(»	4,86)
(8)	Plomb.......	2,965 »	»	61,40	(»	61,16)
	Iode.........	0,600 »	»	7,60	(»	7,50)

(1) Séance du 17 juin 1946.

Si Δ pH est faible, le nombre de cations mis en jeu est faible; pour absorber le complément des charges électriques cédées par les cations métal, il apparaîtra, comme produits d'hydrolyse, des cations complexes.

Si Δ pH est moyen, le nombre de cations H^+ mis en jeu suffit à absorber les charges électriques cédées par les cations métal; les produits d'hydrolyse seront alors des molécules neutres.

Si Δ pH est grand, le grand nombre de cations H^+ mis en jeu exige un nombre de charges électriques supérieur au nombre de celles qui sont cédées par les cations métal; il apparaîtra, comme produits d'hydrolyse, des anions complexes.

Nous avons été amené à faire l'hypothèse de travail suivante : les produits salins participant à l'hydrolyse ne subissent pas d'ionisation partielle. Leur dissociation électrolytique est totale ou nulle

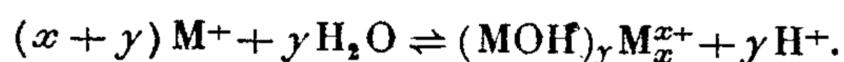
Nous avons précisé par le calcul ces observations qualitatives. En fait nous avons toujours procédé à des dédoublements successifs des solutions étudiées $\Delta pM = 0,3$.

Hydrolyse d'un sel d'anion monovalent et de cation monovalent. — La réaction générale d'hydrolyse est



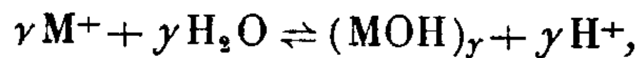
$$xA^- + (x+y)M^+ + yH_2O \rightleftharpoons A_x(MOH)_yM_x + yH^+.$$

1° Le produit d'hydrolyse est ionisé en x anions A^- et un cation complexe.



$$(x+y)M^+ + yH_2O \rightleftharpoons (MOH)_yM_x^{x+} + yH^+.$$

Expérimentalement, nous avons toujours constaté dans ce cas $x = 0$. Le produit d'hydrolyse est donc neutre, polymère de l'hydroxyde métallique



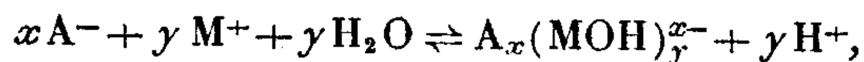
$$yM^+ + yH_2O \rightleftharpoons (MOH)_y + yH^+,$$

d'où, en appliquant la loi d'action de masse, en prenant le cologarithme de l'expression, et en différentiant, il vient

$$\Delta pH = \Delta pM \frac{y}{y+1}$$

pour $y = 1$, $\Delta pH = 0,15$; $y = 2$, $\Delta pH = 0,2$; $y = 3$, $\Delta pH = 0,225$; etc.

2° Le produit d'hydrolyse est ionisé en x cations M^+ et un anion complexe



$$xA^- + yM^+ + yH_2O \rightleftharpoons A_x(MOH)_y^{x-} + yH^+,$$

Appliquons la loi d'action de masse, prenons le cologarithme, différencions

$$\Delta pH = \Delta pM \frac{x+y}{y+1},$$

d'où, pour $y = 1$, $x = 1$, $\Delta pH = 0,3$; $y = 1$, $x = 2$, $\Delta pH = 0,45$; $y = 1$, $x = 3$, $\Delta pH = 0,6$; etc., $y = 2$, $x = 1$, $\Delta pH = 0,3$; $y = 2$, $x = 2$, $\Delta pH = 0,4$; $y = 2$, $x = 3$, $\Delta pH = 0,5$; etc.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques sels complexes des hétéropolyacides.* Note [1] de M. **Marcel Jean**, présentée par M. Paul Pascal.

Les hétéropolyacides (silico-tungstique, phospho-tungstique et phospho-molybdique) forment, avec différentes amines métalliques, des sels insolubles, par exemple avec les amines du cobalt ou du chrome et de l'ammoniaque ou de l'éthylènediamine, et la constitution qui leur est attribuée porterait à conclure à l'octo-acidité de l'acide silico-12-tungstique, et à l'hepta-acidité des deux autres acides [2]. Ces sels sont obtenus en milieu tamponné par l'acétate de sodium, et l'on sait [3] que, dans ces conditions de pH, les hétéropolyacides sont hydrolysés; leurs sels ne répondent donc plus aux anions de la série 12, tétra-acides pour les silicotungstates et tri-acides pour les phospho-tungstates et phosphomolybdates [4], mais bien à des dérivés d'hydrolyse, parmi lesquels les acides de la série 11, qui sont respectivement octo- et hepta-acides [5].

Je me suis attaché à obtenir des sels complexes des hétérododécaacides, à partir de solutions des sels métalliques et des bases organiques, à la fois en vue d'en étudier la constitution, et dans le dessein d'applications analytiques.

Le silicotungstate de *cuivre* et d'éthylénediamine s'obtient en milieux de pH 4,5 à 6, tamponnés ou non, et est nettement défini par la formule $SiO_2, 12WO_3, 2CuO, 4en$, ou $[Si(W_2O_7)_6H_4](Cu\,en_2)_2$; en milieu tamponné et à l'ébullition, on note la formation d'un peu de sel de la série 11. Mettant à profit la précipitation du composé formulé, j'ai obtenu la séparation analytique du cuivre et de l'éthylènediamine [6]. Le silicotungstate de cuivre pyridiné, formé dans des conditions analogues, est une poudre cristalline bleu foncé : $SiO_2, 12WO_3, 2CuO, 8py$. La composition des phosphotungstates et phosphomolybdates cuivriques, variable selon les conditions de formation, soit, par exemple, $P_2O_5, 22WO_3, 5CuO, 8en$, est sous la dépendance de l'hydrolyse alcaline : au voisinage de la neutralité se forment des complexes de teneurs abaissées en WO_3 ou MoO_3, et montrant des basicités supérieures à la triacidité de la série 12 initiale. La nature colloïdale des phosphotungstates de cuivre et de pyridine s'oppose à leur étude analytique.

Parmi les sels d'*argent*, les silicotungstates obtenus à pH 5,5 environ se rapprochent des formules $SiO_2, 12WO_3, 2Ag_2O, 4en$, et $SiO_2, 12WO_3, 2Ag_2O, 8py$ [7] plus ou moins mélangés du sel acide $[Si(W_2O_7)_6H_2]$

---

[1] Séance du 8 juillet 1946.

[2] G. Spacu et V. Nicolaescu, *Bull. Sect. Sc. Acad. Roum.*, **19**, 1937-1938, p. 194; **22**, 1939-1940, pp. 130 et 514,

[3] L. Malaprade, *Ann. Chim.*, **11**, 1929, pp. 172 à 174.

[4] H. Copaux, *Comptes rendus*, **156**, 1931, p. 71.

[5] P. Souchay, *Bull. Soc. Chim. France*, 5e série, **9**, 1942, p. 289; *Ann. Chim.*, **20**, 1945, pp. 73-95.

[6] M. Jean, *Bull. Soc. Chim. France*, 5e série, **12**, 1945, p. 677.

[7] Ce dernier déjà obtenu par Souchay (*loc. cit.*)

(Ag_2 en_2). La constitution des phosphotungstates et phosphomolybdates fait l'objet des mêmes remarques que pour les sels cuivriques; j'ai obtenu par exemple P_2O_5, $21WO_3$, $3Ag_2O$, 7 en.

Le silicotungstate de *nickel* et d'éthylènediamine SiO_2, $12WO_3$, $2NiO$, 4 en est nettement individualisé. Les phosphotungstates et phosphomolybdates sont des mélanges surchargés de tungstate et de molybdate; toutefois, en milieu tamponné (pH 6,8 environ), j'ai observé la constitution P_2O_5, $21WO_3$, 4Ni, 8 en, de la série 10 1/2.

Le silicotungstate de *mercure* et d'éthylènediamine présente une composition très voisine de la formule normale SiO_2, $12WO_3$, $2HgO$, 4 en; l'hydrolyse de l'hétéropolyacide entraîne la formation du sel de la série 11. Le composé pyridiné répond sensiblement à la formule : SiO_2, $12WO_3$, $2HgO$, 6 py. Les phosphotungstates de mercure et de chacune des deux bases, obtenus en milieux voisins de la neutralité, sont des sels mixtes où paraît prédominer le corps de la série 11.

Ainsi les silicotungstates complexes présentent plusieurs cas de sels bien individualisés; au contraire, les phosphotungstates et les phosphomolybdates, rétrogradés (par suite du pH élevé nécessaire à leur formation) en composés de la série 11, puis en phosphates et en tungstates ou molybdates, se présentent comme des mélanges. Les faits observés permettent de confirmer que l'acide silico-12-tungstique se comporte bien toujours comme tétraacide; les acidités anormalement fortes, des phosphotungstates et phosphomolybdates principalement, s'accompagnent toujours d'hydrolyse de l'hétéropolyacide. L'obtention de composés bien définis, en vue d'applications analytiques, doit donc faire appel à des milieux d'acidité supérieure au pH du début de l'hydrolyse.

Les sels de *bismuth* donnent, avec l'acide silico-tungstique et la thiourée, des précipités jaunes, fonctions du pH, mais qui, en milieu voisin de la neutralité, répondent à la formule SiO_2, $12WO_3$, Bi_2O_3, 6 th. Du point de vue analytique, la précipitation d'un tel composé ne permet pas de séparer la totalité du bismuth. De même l'acide phosphotungstique, en milieu faiblement nitrique (N/5 à N/10) ne précipite pas les plus petites quantités de bismuth (1 à 4^{mg} dans nos essais), et le complexe obtenu pour de plus fortes quantités du métal se rapproche de la formule P_2O_5, $24WO_3$, $2Bi_2O_3$, 12 th. Mais en milieu nitrique N/2, la précipitation d'un complexe brun P_2O_5; $24WO_3$, Bi_2O_3, 12 th est stœchiométrique et quantitative, et si l'acidité est plus élevée (milieu N), le précipité est surchargé de phosthotungstate de la base. Celui-ci facilite la séparation, et cette circonstance a permis d'instituer une méthode de séparation sélective du bismuth, suivie du dosage colorimétrique au moyen de la thiourée elle-même.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'alcoylation des cétones.*
Note de MM. **Gustave Vavon** et **Jean Conia**, présentée par M. Paul Pascal.

Au cours de recherches sur la synthèse asymétrique, nous avons eu à préparer des cétones alcoylées en α. Certaines difficultés rencontrées nous ont conduits à étudier cette alcoylation en détail.

On sait que par sodation des cétones à l'amidure de sodium et action des halogénures, MM. Haller, Cornubert et leurs collaborateurs ont réalisé la synthèse de composés nombreux et variés (¹). Toutefois cette méthode ne s'applique pas à *certaines cétones qui se condensent trop rapidement sur elles-mêmes.*

Nous avons cherché à préciser la facilité de chacune des deux réactions concurrentes : condensation de la cétone sur elle-même et condensation avec l'alcoylant.

Comme agent de sodation nous avons choisi l'amylate tertiaire de sodium : il se dissout dans le toluène, ce qui permet d'opérer en *solution homogène*; de plus *il réagit immédiatement,* même à froid, sur la plupart des cétones, comme le montre l'élévation de température quasi instantanée qui se produit lors du mélange des deux solutions toluéniques (C : 1,5N, acétophénone 4°,5, cyclohexanone 6°, acétone 7°, cyclopentanone 12°).

1° *Condensation des cétones sodées sur elles-mêmes.* — Nous avons étudié en particulier les cétones donnant de mauvais rendements avec l'amidure de sodium : acétone, acétophénone, cyclopentanone, cyclohexanone. On suit ici la réaction au chlorhydrate d'hydroxylamine qui permet de titrer la cétone de départ dans des conditions où la cétone de condensation agit à peine. Ce dosage est peu précis mais suffisant pour le but poursuivi.

Le tableau I ci-dessous donne les temps de demi-réaction (colonne 1) l'amylate et la cétone étant mélangés en quantités équimoléculaires (N pour chaque solution); la colonne 2 donne les rapports de vitesse.

o-Méthylcyclohexanone	50°	2880	1
p-Méthylcyclohexanone	»	480	6
Cyclohexanone	»	420	7
Acétophénone	»	160	18
Benzylacétone	»	50	60
Méthyléthylcétone	»	35	80
»	0°	1200	80
Acétone	»	90	1050
Cyclopentanone	»	7	10500

On voit qu'un CH_3 introduit en α dans l'acétone et la cyclohexanone divise la vitesse de condensation par 7 et 13. La cyclopentanone est particulièrement

(¹) A. Haller, *Bull. Soc. Chim.*, **31**, 1922, p. 1073; R. Cornubert, *ibid.*, **41**, 1927, p. 541.

réactive, puisqu'elle se condense 2000 fois plus vite que la cyclohexanone; ceci cadre avec la grande mobilité des H en α de la cyclopentanone.

2° *Réactivité comparée des alcoylants sur l'o-méthylcyclohexanone sodée.* — Cette cétone a été choisie par suite de sa stabilité relative. On suit la réaction en titrant la soude formée par addition d'eau. Avec les alcoylants peu réactifs (étudiés à 50°), on a fait les corrections qu'impose la condensation non négligeable de la cétone sur elle-même.

Le tableau II suivant donne les temps de demi-réaction en minutes, les deux réactifs étant pris en quantités équimoléculaires; dans la 4e colonne sont donnés les rapports des vitesses, en prenant le plus lent, le bromure de butyle, comme unité.

	50° N/2.	0° N/2.	0° N/10.	
Bromure d'éthyle	280	–	–	2,4
» de propyle	420	–	–	1,6
» d'allyle	–	–	250	425
» de butyle	680	–	–	1
» de benzyle	–	–	105	1000
Chlorure de benzyle	40	1380	–	17
Iodure d'éthyle	120	–	–	6
Benzène sulfonate d'éthyle	–	930	–	25
m-nitrobenz. sulf. d'éthyle	–	–	280	380
Bromo-4 nitro-3 benz. sulf. d'éthyle	–	–	60	1780
Sulfate diéthylique	–	200	–	117
Iodure de méthyle	–	105	480	223
Benzène sulfonate de méthyle	–	30	110	970
Camphosulfonate de méthyle	–	–	40	2670
Sulfate diméthylique	–	–	8	13300
» diisopropylique	–	–	1300	82

On retrouve ici des faits connus pour d'autres réactions : pour les halogénures, vitesse croissante dans l'ordre, chlorure, bromure, iodure; pour les radicaux, grande réactivité du méthyle, de l'allyle, du benzyle.

De plus les sulfates et les sulfonates agissent très vite, en particulier le *m*-nitro et le bromonitrobenzènesulfonate d'éthyle dont les vitesses sont 160 et 750 fois plus grandes que celle du bromure.

3° *Facilité d'alcoylation des cétones sodées, en fonction de leur structure.* — Même technique qu'en 2°. Temps en minutes de la demi-réaction avec le bromure d'allyle (*t* : 15°, *c* N/2 pour chaque réactif dans le mélange) : cyclohexanone et *o*-, *m*- et *p*- méthylcyclohexanones : 8, méthyléthylcétone : 14, benzylacétone : 30, menthone : 37, butyrone : 53, acétone : 53, acétophénone : 65, isobutyrone : 90, ω-allylacétophénone : 110. Les différences de vitesses sont bien plus faibles qu'en 1° : rapport maximum 14, contre 10500.

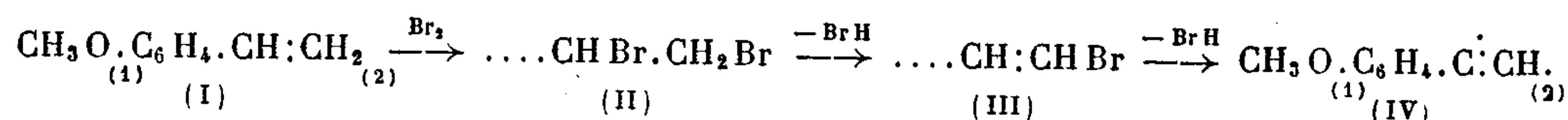
La comparaison des tableaux I et II peut guider dans le choix des alcoylants qui conviennent pour une cétone déterminée et permettre *de réaliser des alcoylations qui n'avaient pu être faites jusqu'ici.*

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de l'ortho-méthoxy styrolène; passage à l'ortho-méthoxy phénylacétylène.* Note ([1]) de MM. **Raymond Quelet** et **René Golse**, transmise par M. Marcel Delépine.

Pour l'utiliser éventuellement à la réalisation d'une synthèse particulière, nous avons cherché à obtenir l'ortho-méthoxy phénylacétylène en appliquant les méthodes usuelles de création de la triple liaison. Au cours de ce travail, nous nous sommes heurtés à de sérieuses difficultés, provenant d'une part de l'instabilité des dérivés halogénés de l'ortho-méthoxy éthylbenzène, d'autre part du fait que les réactifs alcalins utilisés pour éliminer les hydracides ont tendance à couper la fonction éther phénolique en provoquant des résinifications.

Après quelques essais infructueux, nous avons réussi cependant à isoler une faible quantité d'un liquide qui, d'après ses propriétés, semble représenter le produit cherché.

La suite des réactions est



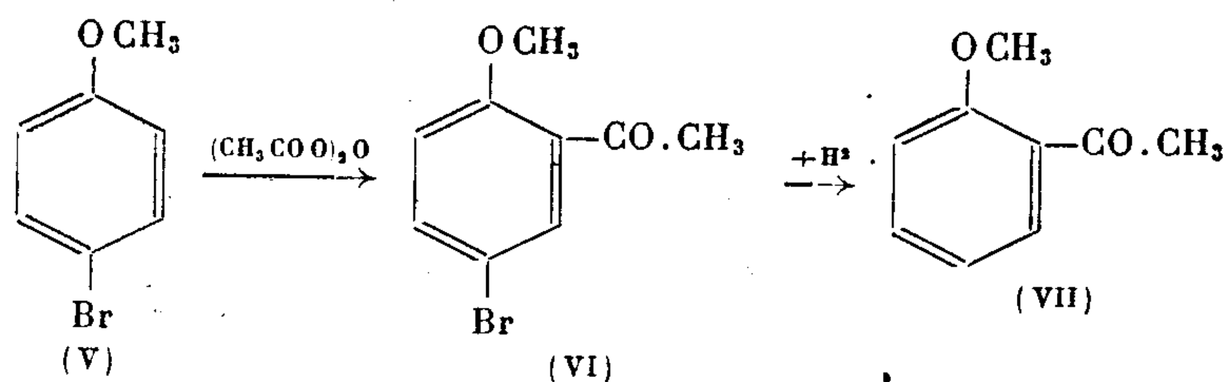
$$\underset{(1)}{CH_3O}.C_6H_4.\underset{(2)}{CH{:}CH_2}\ \text{(I)} \xrightarrow{Br_2} \ldots .CHBr.CH_2Br\ \text{(II)} \xrightarrow{-BrH} \ldots .CH{:}CHBr\ \text{(III)} \xrightarrow{-BrH} \underset{(1)}{CH_3O}.C_6H_4.\underset{(2)}{C{:}CH}\ \text{(IV)}$$

Ortho-méthoxy styrolène $C_9H_{10}O$ (I). — Ce produit a été déjà obtenu à partir de l'ortho-méthoxy phénylméthyl carbinol, provenant lui-même de l'action de l'iodure de méthyle magnésium sur l'aldéhyde ortho-méthoxy benzoïque ([2]). La déshydratation de ce carbinol donne de très mauvais résultats; pour passer au styrolène correspondant, on estérifie par le gaz chlorhydrique et déchlorhydrate par chauffage sur la pyridine (Rdt 40 % à partir de l'aldéhyde *o*-méthoxy benzoïque) : liquide $É_{12}$ 83-84°, n_D^{20} 1,5388.

Nous avons pu obtenir l'*o*-méthoxy phénylméthyl carbinol par deux voies nouvelles :

1° action de l'éthanal sur le magnésien de l'ortho-bromo anisole; le rendement observé est moins bon que celui de la méthode précédente;

2° à partir du para-bromo anisole, en effectuant les transformations

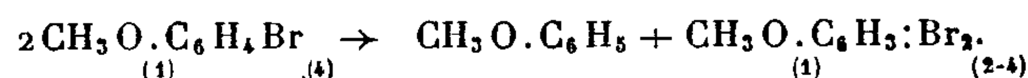


Une réaction secondaire, diminuant considérablement le rendement, se mani-

([1]) Séance du 8 juillet 1946.

([2]) Epelsheim, *Ber. d. chem. Ges.*, 36, 1903, p. 3588.

feste lors de la condensation de l'anhydride acétique sur le para-bromo anisole, en présence de chlorure d'Al. Il y a transformation partielle du para-bromo anisole en un mélange d'anisole et de dibromo anisole, d'après le phénomène de clivage classique

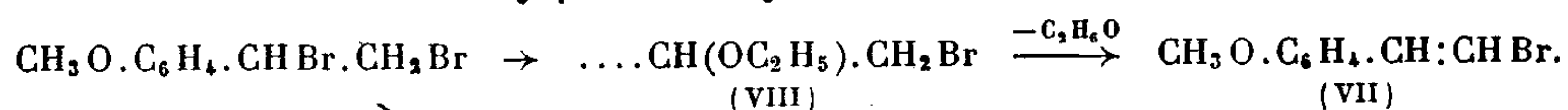


$$2\,CH_3O.\underset{(1)}{C_6}H_4\underset{(4)}{Br} \rightarrow CH_3O.C_6H_5 + CH_3O.\underset{(1)}{C_6}H_3:\underset{(2\text{-}4)}{Br_2}.$$

L'anisole qui apparaît ainsi réagit avec l'anhydride acétique et se retrouve sous forme de para-méthoxyacétophénone. Le rendement en méthoxy-2 bromo-5 acétophénone (VI) n'est que de 13 %, paillettes incolores (alcool) F 39°, $É_{24}$ 173°; Br % trouvé 34,7, calculé pour $C_9H_9O_2Br$ 34,9; semicarbazone F 205°.

Par réduction avec l'hydrogène sur nickel de Raney, en présence de potasse (à 80°, sous une pression de 100 kg/cm²) on passe à l'ortho-méthoxy phénylméthyl carbinol avec un rendement de 60 %.

Ortho-méthoxy β-bromostyrolène C_9H_9OBr. — Les méthodes habituelles d'élimination de BrH ne sont pas applicables à l'α.β-dibromo ortho-méthoxyéthylbenzène (II) résultant de la fixation de Br_2 sur le styrolène précédent. La seule voie praticable pour éviter la résinification consiste à traiter par le cyanure de potassium en solution hydroalcoolique : on obtient d'abord l'α-éthoxy β-bromo ortho-méthoxy éthylbenzène (VIII) qui, à la distillation, se transforme en *o*-méthoxy β-bromostyrolène



$$CH_3O.C_6H_4.CHBr.CH_2Br \rightarrow \ldots.\underset{(VIII)}{CH(OC_2H_5).CH_2Br} \xrightarrow{-C_2H_6O} \underset{(VII)}{CH_3O.C_6H_4.CH:CHBr.}$$

Ce dernier, qui s'obtient ainsi avec un rendement de 63 %, est un liquide instable, prenant rapidement une teinte orangé $É_{16}$ 139°, d_4^{20} 1,450, n_D^{20} 1,5815, Br % trouvé 37,3, calculé pour C_9H_9OBr 37,5.

Ortho-méthoxy phénylacétylène C_9H_8O (IV). — Traité par l'amidure de sodium, suivant la technique de Bourguel, le précédent fournit, avec un faible rendement, un liquide $É_{20}$ 104°, n_D^{20} 1,574 qui donne les réactions attendues avec le nitrate d'argent et le chlorure cuivreux en solution ammoniacale. L'analyse concorde avec la formule envisagée. Par fixation de brome, on n'obtient pas de dérivé cristallisé.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur les terrasses d'abrasion marine du Littoral Libanais et leur déformation.* Note de M. **Étienne de Vaumas**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Le promontoire de Beyrouth offre la meilleure occasion d'étudier les terrasses littorales du Liban et même peut-être de tout l'Orient méditerranéen. Des cartes à 1/10000 et même 1/5000 donnent à l'observation une précision qui ne peut être obtenue ailleurs; l'orientation même du promontoire, perpendiculaire au tracé général du littoral, permet de déceler une déformation.

Nous avons pu distinguer trois niveaux d'aplanissement, séparés par des falaises, qui ne peuvent être franchies que par des lacets ou des escaliers [1].

Le niveau inférieur est largement représenté au NE de la ville, près du Nahr Beyrouth (Abattoirs, quartier Arménien, Casernes); il atteint 900^m de large, s'effile brusquement dans la rue Gouraud (150^m) puis s'épanouit dans la vieille ville (2 à 300^m), où il est interrompu par la Grotte aux pigeons.

Le niveau moyen, très bien développé de part et d'autre des rues Salim Boutros, Mar Mitri et Saint-Louis (4 à 700^m de large), contourne la colline Saint-Dimitri. A la colline de la mosquée Kreitem, il mesure 5 à 900^m, avant de se réduire à un palier de 200^m qui fait le tour du Ras Beyrouth.

Le niveau supérieur arase le sommet de la colline Saint-Dimitri sur 2 à 500^m de large, comme celui de la Mosquée Kreitem (4 à 500^m).

Les différences d'altitude de ces plates-formes sont intéressantes. Le niveau inférieur se tient régulièrement entre 10 et 20^m d'altitude du Nahr Beyrouth au Ras Beyrouth. L'altitude du niveau moyen, qui est de 35^m en ce dernier lieu, monte vers l'Est; il est englobé par la courbe 50^m puis par celle de 55^m (École des Arts et Métiers, Jardin public). Après avoir disparu sous les sables venant du Sud, il reparaît autour de Saint-Dimitri à 50-75^m. Le niveau supérieur monte dans le même sens, encerclé par la courbe 70^m autour de la Mosquée Kreitem et du Sémaphore. Complètement voilé par les sables dans le col séparant les deux collines, il reparaît à la Colline Saint-Dimitri encerclé par les courbes de 85 et 90^m.

Ces terrasses ne peuvent être dues qu'à l'abrasion marine; mais si elles témoignent d'un abaissement eustatique du niveau de la mer, leurs différences d'altitude indiquent un soulèvement vers la montagne voisine à l'Est. La pente du niveau supérieur est de 5^m par kilomètre. Il est possible de suivre, au Sud de Beyrouth jusqu'à la frontière palestinienne, sur 70^{km}, des témoins importants des terrasses de Beyrouth.

La terrasse inférieure, plus ou moins voilée par les sables ou les alluvions, est presque constamment dominée par une falaise morte, dont la base est à 20 ou 30^m, particulièrement bien marquée aux éperons de Mazraat el Khaizarane et au-dessous d'Adloun, où elle est percée par une grande grotte (station préhistorique du père Zummhofen), interrompue souvent par des ravins, notamment vers Bordj Kibli et Leita.

---

(1) Nous devons au R. P. Fleisch, de l'Université Saint-Joseph, d'avoir attiré notre attention sur la plate-forme inférieure au SO du Ras Beyrouth. D'autre part, je dois mentionner que M. Dubertret, dont les beaux travaux géologiques m'ont servi de guide au début de mes recherches morphologiques, ayant été mis au courant par moi de mes observations à Beyrouth et de mon intention de les publier, m'a dit avoir fait des remarques analogues et les a immédiatement présentées à l'Académie (*Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 1008-1009). J'ai attendu de pouvoir les lire. On verra que, si nous sommes d'accord sur la pluralité des niveaux, nous ne le sommes ni sur leur nombre ni sur leur déformation. L'étude des terrasses que j'ai poursuivies au Sud jusqu'à la Palestine me permet de confirmer mes vues.

La terrasse moyenne apparaît nettement entre Nahr Zaharani et Nord Abou Assouad sur 5km de long à une altitude de 40 à 50m.

De la terrasse supérieure, limitée par une falaise morte, un fragment existe au Nord d'Abou Zéblé; mais c'est surtout au Sud de cette localité qu'elle s'allonge sur 12km à l'altitude de 70 à 80m, sous la forme d'une large banquette, tantôt limitée par une falaise morte, tantôt prolongée par un glacis d'érosion qui monte jusqu'à 150m, souvent recouvert de sables.

Conclusion. — La côte libanaise paraît être un des points de la Méditerranée orientale où apparaissent le plus nettement les traces de plates-formes d'abrasion marine quaternaires. A Beyrouth, la saillie du promontoire permet de saisir un léger soulèvement vers l'Est. D'autre part, l'altitude de la terrasse moyenne, correspondant à celle de la terrasse de Tripolitaine où R. Wetzell et J. Haller ont trouvé des silex travaillés, permet de fixer au Quaternaire récent sa formation et son gauchissement.

BOTANIQUE. — *Expérience préliminaire sur la biologie florale du Figuier* (Ficus carica *L*). Note de M. **Georges Valdeyron**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Les rapports entre le Figuier dit *domestique* (c'est-à-dire à Figues généralement comestibles et toujours pourvues de fleurs femelles longistyles) et le Caprifiguier (dont les réceptacles sont toujours garnis de fleurs à styles courts) ont fait l'objet de différentes interprétations. Leclerc du Sablon ([1]) en fait les formes mâles et femelles d'une espèce dioïque. Tschirch et Ravasini ([2]) admettent qu'il s'agit de formes de culture dérivées d'un Figuier spontané, qu'ils considèrent comme le véritable représentant de l'espèce; les différentes catégories de réceptacles (à fleurs brévistyles et à fleurs longistyles) s'y rencontreraient, bien qu'à des époques différentes de l'année. Longo ([3]) pense, avec raison, semble-t-il, que ce *Figuier primitif* n'existe pas et que Tschirch et Ravasini ont observé en réalité des *touffes de Figuiers* issus de semis spontanés, comprenant les deux formes. De telles touffes sont, en effet, fréquentes dans les pays méditerranéens.

On tend à admettre, actuellement, que le Figuier domestique est une mutation du Caprifiguier; la longistylie s'y accompagne d'une disparition des organes mâles. Condit ([4]) décrit même deux plants issus de ses semis expérimentaux, chez lesquels une partie de l'arbre porte des Caprifigues, l'autre des Figues; dans chaque cas, l'une des deux formes paraît bien dériver de l'autre par mutation de bourgeon.

([1]) *Rev. Gen. Bot.*, **20**, 1908, pp. 129-150 et 207-216.

([2]) *Comptes rendus*, **152**, 1911, p. 85.

([3]) *Annali di Botanica*, (4), **9**, 1911, pp. 145-432; (2), **10**, 1912, pp. 147-158.

([4]) *J. of Heredity*, **25**, 1934, p. 496-497.

Nos propres observations (5) confirment ce point de vue et il n'est guère douteux, somme toute, que le Caprifiguier représente le type originel de l'espèce *Ficus Carica* L. Nous avons cherché à apprécier la stabilité florale de cette forme, particulièrement en ce qui concerne la longueur des styles des fleurs femelles.

Nos mesures, ainsi que l'observation de diverses autres caractéristiques des réceptacles, nous ont permis de classer ces derniers en deux catégories.

a. Réceptacles se développant en été. — Le développement de la caprifigue se fait au cours de la saison du rameau; il suit de près la naissance du bourgeon à réceptacles. La plupart des réceptacles d'été mûrissent en été; ce sont les « mammoni ». Les derniers développés passent l'hiver sur l'arbre et ne mûrissent qu'au printemps suivant, ce sont les « mamme ». Chez tous, le style des fleurs femelles (dont la longueur moyenne ne varie que de quelques centièmes de millimètre pour un même clône) est de l'ordre de $0^{mm},5$ à $0^{mm},9$. Les fleurs situées près de l'ostiole y sont au nombre de quelques dizaines; ces fleurs comprennent rarement plus de 1 ou 2 étamines fonctionnelles.

b. Réceptacles se développant au printemps. — Le développement de la caprification est arrêté par le repos végétatif. Le réceptacle passe l'hiver sur l'arbre à l'état de bourgeon et ne se dévoppe, en Afrique du Nord, qu'à partir de février pour devenir le « profichi », qui sert à la caprification. Les styles des fleurs femelles y sont plus courts que précédemment, n'atteignant que rarement $0^{mm},6$, et pouvant n'avoir que $0^{mm},3$ chez certains clônes. Les fleurs du pourtour de l'ostiole sont au nombre de 2 à 300 et ont généralement de 4 à 6 étamines fonctionnelles.

Nous avons relié la différence entre les deux catégories de réceptacles à la période de repos qui sépare la naissance des bourgeons à « profichi » de leur développement. Pour démontrer cette relation, 12 boutures d'un Caprifiguier cultivé au Service Botanique de Tunisie ont été placées, comme pour l'enracinement, dans des pots de sable mélangé à du terreau le 29 décembre 1945. Ces pots ont été conservés en serre chaude. Un mois après les bourgeons à réceptacles de quelques-unes de ces boutures commencèrent à se développer; le développement s'arrêta bientôt pour la plupart d'entre elles et les jeunes fruits tombèrent. Cependant, sur une bouture, six fruits achevèrent leur développement en fin mars, alors que les profichi de l'arbre mère avaient à peine commencé le leur, l'année 1946 ayant été exceptionnellement tardive.

Nous donnons ci-dessous, les résultats de l'étude de ces réceptacles, comparativement aux moyennes des observations effectuées sur de nombreux réceptacles de chaque « génération » du même Caprifiguier (longueur des styles des fleurs femelles et indication du nombre d'étamines des fleurs du pourtour de l'ostiole).

(5) *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du N.*, 35, 1944, pp. 20-26.

Profichi (avril 1943), $0^{mm},6$; 4 à 6;
Mammoni et Mamme (1943), 0,8 à $0^{mm},9$; très rares;
Profichi en serre (mars 1946), $0^{mm},7$; 1 ou 2;
Profichi (avril 1946), $0^{mm},6$; 4 à 6.

Quelle que soit la netteté de ce résultat, on ne peut en tirer d'autres conclusions que l'existence de la relation dont nous parlions plus haut. D'autres essais sont nécessaires pour préciser la nature de cette relation.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sécrétion de ferments oxydo-réducteurs par les Champignons filamenteux.* Note de M. **Armand Hérisset**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Ayant eu à étudier les propriétés antioxygènes des caroténoïdes, j'ai eu recours à la méthode biologique et j'ai montré dans quel sens ces substances agissaient sur les catalyses fongiques oxydo-réductrices. Je me suis adressé aux Moisissures banales, qui se développent facilement et rapidement. Mais les quelques données bibliographiques recueillies n'ayant trait qu'aux Champignons supérieurs (1), j'ai dû, au préalable, me livrer à une étude approfondie des conditions qui président à cette double sécrétion.

Les espèces utilisées ont été : *Mucor mucedo* L., *Mucor Rouxii* Wehm., *Mucor Prainii* Ch. et Nech., *Penicillium glaucum* Link., *Penicillium candidum* Rog., *Aspergillus oryzæ* Cohn., *Sterigmatocystis nigra*, V. Tieg, *Sterigmatocystis nidulans* Eidam. Les première et quatrième souches ont été respectivement prélevées sur du pain humide et des confitures; les autres nous ont été aimablement fournies par la Mycothèque de la Faculté de Pharmacie de Paris. La sécrétion d'oxydases est mise en évidence par adjonction à 5^{cm^3} de milieu de culture d'une goutte de solution de gaïacol à 1 %, le tube étant refroidi en position inclinée; l'oxydation se traduit par une coloration rouge. Celle des réductases est caractérisée par adjonction au même milieu d'une goutte de solution de bleu de méthylène à 0,50 %, la culture étant refroidie en position verticale; la réduction se manifeste par un virage au vert ou par une décoloration plus ou moins avancée.

Toutes les souches ont d'abord été ensemencées sur milieu de Sabouraud gélosé, gaïacolé; au bout de 3 à 4 jours, les colonies de *M. Rouxii* se colorent en orangé. La coloration persiste au bout de 10 à 15 jours, mais n'intéresse que le mycélium et la gélose qui se trouve en contact immédiat avec lui; elle met en évidence une légère sécrétion de ferments oxydants, mais cette production reste presque uniquement endocellulaire. A l'obscurité, la sécrétion est plus tardive et moins abondante. Enfin, la coloration est plus nette pour les pH

(1) Lutz, *Traité de Cryptogamie*, p. 394.

compris entre 6 et 8; au-dessous elle est très légère. Les sept autres espèces étudiées n'ont fourni aucune sécrétion analogue. Par contre, toutes les souches cultivées sur milieu de Sabouraud ont montré une forte production de ferments réducteurs; *cette sécrétion est particulièrement abondante pour les* pH *compris entre* 6 *et* 8, *et varie dans le même sens que le* pH. Au-dessus de pH 8, la croissance du Champignon se fait mal; à pH 5,1, la sécrétion est nulle ou à peu près nulle.

En possession de ces premiers résultats, je me suis livré à une étude plus approfondie du *M. Rouxii*, et j'ai cherché à voir quelle était l'influence du milieu de culture sur la production des oxydases. Le Champignon a été cultivé sur les milieux suivants :

Milieu 1. — Eau 1000^{cm^3}, glucose 30^g, $PO_4(NH_4)_2H$ 1^g, NO_3NH_4 1^g, SO_4K_2 $0^g,40$, $SO_4Mg.7H_2O$ $0^g,20$, $SO_4Fe.SO_4(NH_4)_2$, $6H_2O$ $0^g,10$, $SO_4Zn.7H_2O$ $0^g,04$, gélose 25^g.

Milieu 2. — Même milieu, mais avec une source d'azote uniquement ammoniacale.

Milieu 3. — Même milieu, mais avec une source d'azote uniquement nitrique.

D'autres essais étaient effectués avec les mêmes solutions auxquelles j'ajoutais, pour 1000^{cm^3}, soit $0^g,05$ de $SO_4Mn.7H_2O$, soit $0^g,02$ de $SO_4Cu.5H_2O$, soit $0^g,05$ de $SO_4Mn.7H_2O + 0^g,02$ de $SO_4Cu.5H_2O$. Enfin, chacun de ces milieux était utilisé à des pH variant de 5,9 à 8,1. Avec le milieu 1 tel quel, ou avec Cu, ou avec Mn, ou avec Mn + Cu, et pour les pH compris entre 7,3 et 8,1, la sécrétion d'oxydases débute 2 à 4 jours après l'ensemencement, la gélose est colorée en rouge plus ou moins foncé, à la limite inférieure de la colonie. Puis, pendant les 3 ou 4 jours suivants, la coloration pâlit dans tous les tubes, *à l'exception de ceux contenant* Cu *ou* Mn + Cu, *et ajustés au départ à un* pH *de* 8,1. Au bout de 10 jours, ces derniers tubes sont encore fortement colorés, surtout ceux contenant Mn + Cu. La coloration de la gélose apparaît et persiste tant que la colonie s'étale en surface, puis quand celle-ci devient touffue, elle pâlit et la coloration orangée du mycélium se montre alors.

Le manganèse paraît favoriser le début de la sécrétion, puis c'est le cuivre qui semble le plus actif. La coloration rouge foncé indique une production abondante de ferments qui, dans ce cas, diffusent hors de la cellule. J'ai aussi, quelquefois, observé des sécrétions d'oxydases avec le milieu 3 et dans les tubes ajustés à un pH de 8,1, mais la coloration est fugace et inconstante; par contre, je n'en ai jamais observé avec le milieu 2. Des essais effectués avec les autres Moisissures ont confirmé ces résultats : ces souches, qui ne produisent pas de ferments lorsqu'elles sont cultivées sur Sabouraud, ont fourni des sécrétions plus ou moins constantes et plus ou moins fugaces sur le milieu 1 + Mn + Cu, ajusté à un pH de 8,1.

J'ai enfin voulu voir s'il y avait antagonisme entre la production des deux

catégories de ferments. J'ai donc étudié la sécrétion des réductases sur milieu I + Mn + Cu, à des pH variant de 5,9 à 8,1. Dans ce cas, on n'obtient à peu près aucune réduction jusqu'à pH 7,3. A pH 7,7, la réduction est légère; elle est plus nette à pH 8,1; donc, la réduction est plus nette lorsque l'on approche de la zone alcaline, *mais la sécrétion de réductases est en général bien moins abondante que sur le milieu de Sabouraud*.

Les résultats détaillés de ces essais feront l'objet d'un mémoire ultérieur, mais je puis, dès maintenant, retenir comme acquis les points suivants : La sécrétion des ferments est influencée par le pH de la solution et par la composition du milieu de culture : azote ammoniacal ou nitrique, entraînant probablement une variation du pH. La sécrétion des oxydases est favorisée par la présence de cuivre et de manganèse. Mais, en général, la production des ferments réducteurs est plus régulière et plus constante que celle des ferments oxydants.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de l'acide pantothénique sur la croissance des tissus d'Aubépine cultivés* in vitro. Note (1) de M. **Georges Morel**, présentée par M. Joseph Magrou.

Les recherches de différents auteurs, notamment de White aux États-Unis, de Gautheret et de Nobécourt en France, ont établi qu'il est possible de faire croître *in vitro* et de maintenir en survie indéfinie les tissus de différentes espèces de plantes herbacées tels que le Tabac, le Soleil, la Carotte, le Topinambour, l'Endive etc. Pour y parvenir ces auteurs utilisaient des milieux nutritifs formés d'une solution de sels minéraux et de glucose à laquelle ils incorporaient généralement comme substances de croissance de l'hétéroauxine, de l'aneurine et de la cystéine.

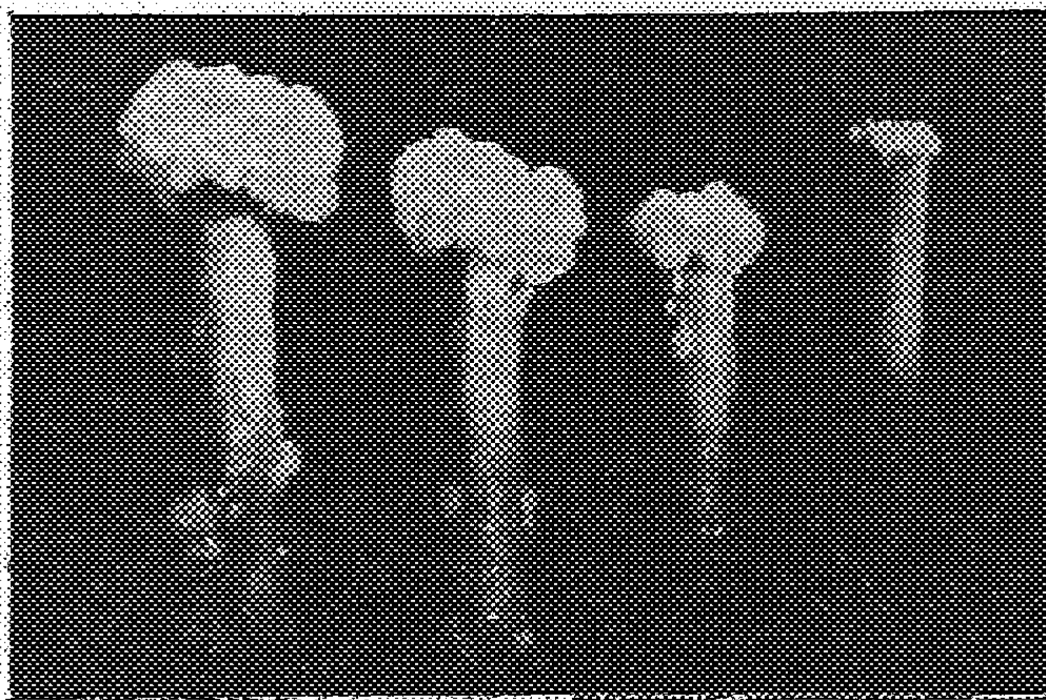
Nos propres recherches ont montré que de tels milieux sont capables d'entretenir la croissance des tissus de différentes lianes ligneuses : Vigne, Vigne vierge, Ronce. Nobécourt a récemment obtenu des résultats analogues avec le Rosier. Mais tous les essais tentés jusqu'ici pour maintenir de cette façon en survie indéfinie les tissus d'arbres ont constamment échoué.

Nous avons cherché à résoudre ce problème en essayant de cultiver *in vitro* les tissus de l'Aubépine, *Cratægus monogyna* Jacq. Pour cela nous avons ensemencé des fragments de tige ou de tissu cambial de cette espèce sur des milieux minéraux gélosés renfermant 5 % de glucose et dans certains cas quelques substances de croissance.

Lorsque le milieu ne renfermait aucune substance de croissance, les explantats proliféraient lentement pour donner à leur extrémité radiculaire de très petits cals qui, en deux mois, atteignaient à peine 2^{mm} d'épaisseur. Lorsque nous

(1) Séance du 8 juillet 1946.

ajoutions au milieu de l'acide pantothénique sous forme de pantothénate de calcium à la concentration de 5.10^{-7}, la croissance était accélérée nettement et le cal formé avait alors une épaisseur deux fois supérieure au précédent. Si la substance de croissance utilisée était de l'hétéroauxine, nous obtenions une croissance encore meilleure qu'en présence d'acide pantothénique; c'est ainsi que des tiges ensemencées sur des solutions renfermant de l'acide naphtyle-acétique à la concentration de 5.10^{-7} produisaient en deux mois des cals de plus de 6^{mm} d'épaisseur. Enfin la croissance était meilleure encore lorsque le milieu renfermait à la fois de l'acide pantothénique et de l'acide naphtyle-acétique aux concentrations indiquées précédemment; les cals formés dans ces conditions dépassaient souvent 1^{cm} d'épaisseur.



4. 3. 2. 1.

Fragments de tige d'Aubépine âgés d'un mois et demi, cultivés in vitro, depuis un mois et demi, en présence de différents facteurs de croissance.

De droite à gauche : 1, fragment se développant sans substance de croissance; 2, en présence d'acide pantothénique à la concentration de 5.10^{-7}; 3, en présence d'acide naphtyle-acétique à la concentration de 5.10^{-7}; 4, en présence d'acide pantothénique et d'acide naphtyle-acétique à la concentration de 5.10^{-7}.

Pour compléter ces recherches, nous avons étudié l'action de l'hétéroauxine et de l'acide pantothénique sur des tissus repiqués, nous avons ainsi constaté que si l'on repique des cals sur des milieux contenant soit de l'hétéroauxine soit de l'acide pantothénique, leur croissance s'arrête immédiatement, par contre si l'on associe ces deux substances la prolifération se poursuit. Nous avons isolé de cette manière une souche de tissus d'Aubépine qui pousse régulièrement depuis plus d'un an et a déjà subi plus de six repiquages. Nous pensons avoir ainsi obtenu la survie indéfinie des tissus de cette espèce. Par tâtonnement, nous avons déterminé la concentration optima de chacune de ces substances. Nous avons eu les meilleurs résultats lorsque nous utilisions l'acide naphtyle-acétique à la dose de $0^{mg},3$ par litre (3.10^{-7}) et le *d*-pantothénate de calcium à 1 mg/l (10^{-6}).

Nos recherches montrent donc que l'acide pantothénique est un facteur de croissance indispensable aux tissus d'Aubépine. Elles nous ont en outre permis de réaliser, pour la première fois, la culture indéfinie d'un tissu d'arbre.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur l'existence et les conditions de formation des composés d'adsorption phospho-humiques.* Note ([1]) de M. RAYMOND CHAMINADE, présentée par M. Maurice Javillier.

La formation de composés d'adsorption entre acide phosphorique et humus a été contreversée; certains auteurs admettent leur existence [Berthelot et André ([2]), Dumont ([3])]; d'autres non [Petit ([4]), Balanesco ([5])]. Récemment, G. Barbier ([6]) a constaté que l'humate calcique ne fixe pas l'acide phosphorique d'une solution diluée de phosphate calcique de pH supérieur à 6,6.

Nous avons établi ([7]) que, dans les sols, une partie du phosphore se trouve liée aux colloïdes humiques et que cette liaison confère à l'acide phosphorique des propriétés importantes, notamment en ce qui concerne l'alimentation phosphatée des récoltes. Dans cette Note, nous montrons que des composés d'adsorption phospho-humiques existent bien et précisons les conditions dans lesquelles ils prennent naissance.

Les composés phospho-humiques sont dissociables en milieu acide ([7]). Nous avons donc opéré en milieu neutre ou alcalin, l'humate et l'acide phosphorique étant sous forme calcique. Nous avons mis à profit la propriété que possède l'humate calcique, en l'absence d'agents floculants, de donner naissance à des suspensions très stables résistant à la centrifugation. Le phosphate bi- ou tricalcique pur, qui précipite à partir de pH 6,0, n'est pas, par contre, colloïdal et se sépare facilement par simple centrifugation. Si, dans une suspension renfermant de l'humate, on rencontre, après centrifugation, dans le liquide surnageant, du phosphate calcique (alors que le pH du milieu est suffisamment élevé pour que ce dernier soit pratiquement insoluble), on peut conclure que le phosphate a été maintenu en suspension par sa liaison avec l'humate calcique ([8]).

I. *Neutralisation par l'eau de chaux d'un mélange d'acides humique et phosphorique.* — Lorsqu'on neutralise par de l'eau de chaux une solution d'acide phosphorique, il y a précipitation du phosphate bicalcique à partir d'un pH compris entre 6,0 et 6,5.

([1]) Séance du 8 juillet 1946.

([2]) *Ann. Chim. et Phys.*, 6, 1892, p. 196.

([3]) *Comptes rendus*, 143, 1906, p. 186.

([4]) *Ibid.*, 152, 1911, p. 1317.

([5]) *Ann. Sc. Agr.*, 3, 1930, p. 364.

([6]) *Ann. Agr.*, 1, 1946, p. 7.

([7]) *Ann. Agr.*, 1, 1944, p. 1.

([8]) La description détaillée des techniques sera publiée aux *Annales Agronomiques* (juillet-septembre 1946).

A pH 7,0 la quantité de P_2O_5 extrait dans le liquide centrifugé ne dépasse pas 40^{mg} par litre; à pH 8,0 elle est inférieure à 20^{mg}, et à pH 9,0 elle est de l'ordre de 5^{mg}. Au contraire, lorsque la neutralisation par l'eau de chaux a lieu en présence d'acide humique, les quantités de P_2O_5 présentes dans le liquide centrifugé dépassent 170^{mg} par litre à pH 7,0; 160^{mg} à pH 8,0 et 140^{mg} à pH 9,0. La présence d'humate calcique a permis le maintien dans le liquide centrifugé de quantités de phosphate calcique très supérieures à la solubilité de ce corps aux pH envisagés.

II. *Neutralisation du phosphate monocalcique par un humate calcique.* — Un humate calcique précipité par un excès d'eau de chaux et remis en suspension après lavage est additionné de quantités croissantes de phosphate monocalcique. Les mélanges sont centrifugés. Dans le liquide centrifugé on mesure le pH et dose P_2O_5. Les quantités trouvées dépassent largement la solubilité maximum du phosphate calcique aux pH mesurés; à pH 7,0 la quantité de P_2O_5 atteint 132^{mg},1 par litre et à pH 7,5, 91^{mg},4.

III. *Remise en suspension d'un composé phospho-humique floculé par l'eau de chaux.* — Une suspension stable d'humate calcique est additionnée d'une solution de phosphate monocalcique à une dose correspondant à 10 de P_2O_5 % d'humate. On ajoute ensuite un excès d'eau de chaux qui provoque la floculation. Le produit floculé est soumis à plusieurs lavages à l'eau, suivis de centrifugation, jusqu'à obtention d'une suspension stable. Cette suspension, malgré son pH élevé, renferme des quantités importantes de P_2O_5. Nous avons pu, en partant d'une suspension d'humate concentrée, obtenir une suspension phospho-humique de pH 8,5 renfermant après centrifugation 5^{g},65 de P_2O_5 par litre, alors qu'à ce même pH la solubilité du phosphate calcique correspond à moins de 20^{mg} P_2O_5. La présence d'acide phosphorique dans les suspensions diminue la stabilité de ces dernières. Pour obtenir des suspensions dont la stabilité se maintienne plusieurs jours, il ne faut pas dépasser une teneur de 50 P_2O_5 % d'humus. A 150 de P_2O_5 % d'humus, les composés phospho-humiques ne sont plus dispersables.

IV. *Action de l'humate calcique colloïdal sur le phosphate calcique précipité.* — Du phosphate tricalcique, insoluble et non colloïdal, obtenu en précipitant par un excès d'eau de chaux une solution de phosphate monocalcique, est agité avec un humate calcique colloïdal. Le mélange est soumis à la centrifugation. Dans le liquide centrifugé la quantité d'acide phosphorique atteint 264^{mg} par litre. Il y a donc fixation entre humate colloïdal et phosphate calcique précipité.

V. *Ultrafiltration des composés phospho-humiques.* — L'ultrafiltration de solutions colloïdales de composés phospho-humiques de pH 8,5 a donné des liquides renfermant jusqu'à 259^{mg} de P_2O_5 par litre. Ainsi la liaison entre humate et phosphate calcique a fait passer ce dernier sous une forme telle qu'il traverse les ultrafiltres.

VI. *Spectrogramme de rayons X des composés phospho-humiques.* — Le phosphate tricalcique provenant de la précipitation par un excès d'eau de chaux du phosphate monocalcique présente une structure cristalline révélée par les spectres de rayons X. Par contre, les composés phospho-humiques donnent des spectres identiques à ceux de l'humate calcique pur et ne présentent aucune des franges de diffraction caractérisant la structure cristalline du phosphate calcique. On peut dire que ce dernier, du fait des combinaisons d'absorption qu'il contracte avec l'humate calcique, perd sa structure cristalline [9].

Conclusion. — Lorqu'un phosphate calcique précipité se trouve en présence d'humate calcique, il y a formation d'un composé mixte renfermant simulta-

---

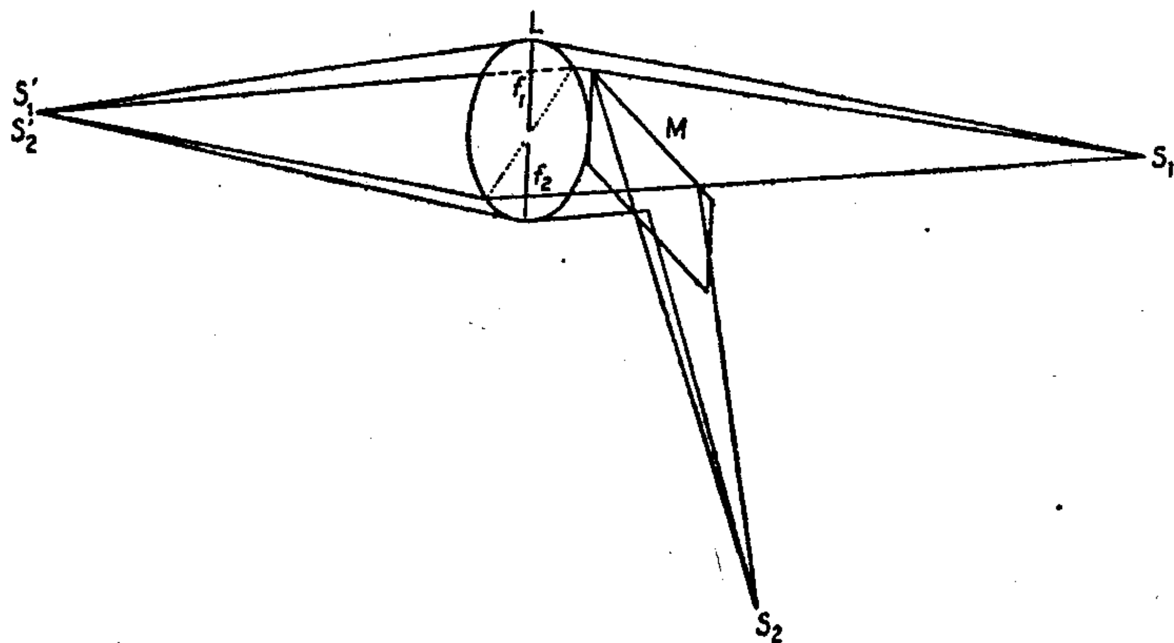
[9] M. Wyart a bien voulu se charger de l'établissement des spectres de rayons X. Nous l'en remercions bien vivement.

nément de l'humus et de l'acide phosphorique. Les conditions de formation d'un tel composé se trouvent réalisées dans les sols non acides. Les composés phospho-humiques sont dispersables et ultra-filtrables. Ils permettent le maintien en suspension, après centrifugation, de l'acide phosphorique à des pH où son insolubilité est à peu près complète. La stabilité des suspensions phospho-humiques varie inversement à leur teneur en P_2O_5.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur une méthode de mesure des aberrations chromatiques et sphériques de l'œil en lumière dirigée.* Note (1) de M. **Alexandre Ivanoff**, présentée par M. Jean Becquerel.

L'utilisation de la lumière dirigée pour l'étude des aberrations de chromatisme et de sphéricité de l'œil, ainsi que le principe de l'appareillage que nous allons décrire ci-dessous, nous ont été proposés par M. Yves Le Grand.

Appareillage. — La moitié supérieure d'une lentille achromatique de faible puissance, L, capte les rayons issus d'une première source ponctuelle S_1, et en forme une image S'_1. La moitié inférieure de la même lentille L capte les rayons issus d'une seconde source ponctuelle S_2 et réfléchis par un miroir plan M disposé de façon convenable, et en forme une image S'_2. Les sources S_1 et S_2 sont placées en sorte que leurs images S'_1 et S'_2 soient confondues.



L'œil de l'observateur étant placé en sorte que les images S'_1 et S'_2 se forment sur sa pupille d'entrée, la lentille L lui apparaît comme étant entièrement éclairée, par la source S_1 sur sa moitié supérieure, et par la source S_2 sur sa moitié inférieure. Deux fils verticaux, f_1 et f_2, placés contre la lentille suivant son diamètre, apparaissent à l'œil de l'observateur en noir sur la lentille éclairée, par S_1 en ce qui concerne le fil f_1, et par S_2 en ce qui concerne le fil f_2.

La tête de l'observateur est maintenue fixe à l'aide d'une empreinte dentaire,

(1) Séance du 8 juillet 1946.

susceptible de déplacements latéraux et verticaux qui permettent de former les images S'_1 et S'_2 en divers points de la pupille d'entrée de l'œil de l'observateur.

Principes des mesures. — Pour la mesure des aberrations de chromatisme, la source S_1 émet de la lumière jaune de sodium et la source S_2 une lumière de longueur d'onde différente et rendue variable à volonté à l'aide d'un monochromateur. Supposons pour fixer les idées que la source S_2 émette du bleu. Si les pinceaux de lumière jaune et bleue, confondus puisque les images S'_1 et S'_2 le sont, pénètrent dans l'œil de l'observateur suivant son axe optique ([2]), l'aberration de chromatisme n'intervient pas et les fils f_1 et f_2 apparaissent alignés, ainsi qu'ils le sont en réalité. Mais, si les pinceaux jaune et bleu confondus pénètrent dans l'œil à une distance horizontale h de l'axe optique, l'aberration de chromatisme fait apparaître les fils f_1 et f_2 décalés d'une distance Δ l'un par rapport à l'autre. Afin de mesurer Δ, il suffit de réaliser un alignement apparent des fils f_1 et f_2 en décalant l'un de ceux-ci de Δ dans le sens voulu (à cet effet, le fil f_1 étant fixe, le fil f_2 est supporté par l'aiguille d'un ampèremètre que l'observateur peut commander à distance à l'aide d'un rhéostat). Connaissant h, Δ, et la distance D de l'œil de l'observateur à la lentille L, il est facile de calculer la valeur de l'aberration en dioptries, A, en admettant toutefois pour puissance totale de l'œil celle de l'œil théorique étalon. Dans notre cas on a $D = 2,92^{m}$, et l'on trouve A dioptries $\# (0,374/h^{mm})\,\Delta^{mm}$.

Pour la mesure des aberrations de sphéricité, les sources S_1 et S_2 émettent toutes les deux de la lumière jaune du sodium. Les images S'_1 et S'_2 étant réglées confondues et situées sur l'axe optique de l'œil, on en décale une d'une quantité horizontale h en déplaçant la source correspondante. L'aberration de sphéricité A, correspondant à une distance h de l'axe optique, est donnée par la même formule que ci-dessus. Le sens de Δ indiquera s'il y a sur-correction ou sous-correction.

Avantages de la méthode. — 1° L'observateur est obligé de mordre en permanence une empreinte, mais ses deux yeux sont ouverts, regardent à grande distance, et se trouvent ainsi dans des conditions de vision normales.

2° La mesure consiste en l'alignement de deux fils, opération se faisant agréablement et avec précision.

3° Dans les mesures de l'aberration de chromatisme, l'accommodation n'intervient pas, une variation de l'accommodation n'affectant pas la position relative des deux pinceaux confondus à leur entrée dans l'œil.

([2]) Ainsi que nous l'a fait remarquer M. Le Grand, il faudrait parler non pas d'axe optique, qui n'est d'ailleurs qu'une fiction, l'œil n'étant pas un système centré, mais de ce que l'on pourrait appeler *axe achromatique*, axe tel que des rayons de diverses longueurs d'onde pénétrant dans l'œil suivant cet axe rencontrent tous la rétine au même point, après avoir suivi des trajets peut-être légèrement différents. Un tel *axe achromatique* est une réalité physique.

4° Dans les mesures de l'aberration de sphéricité, on est prévenu de toute variation de l'accommodation par un déplacement relatif des deux fils l'un par rapport à l'autre.

5° On mesure séparément les aberrations de chromatisme et de sphéricité, et non un effet résultant des deux.

6° L'œil peut être exploré en quelque sorte point par point, ce qui n'a jamais été réalisé en ce qui concerne l'aberration chromatique, mais ce qui par contre fait intervenir toutes les irrégularités du système dioptrique oculaire, et entraîne l'impossibilité de toute mesure en certains endroits de la pupille (par suite principalement d'irrégularités cornéennes).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les conditions de formation et de décomposition d'un nouveau dérivé actif de la vitamine* D_2, *l'iodo-calciférol.* Note [1] de M. **Paul Meunier** et Mlle **Geneviève Thibaudet**, présentée par M. Maurice Javillier.

La double liaison médiane du système conjugué du calciférol doit théoriquement donner lieu à une isomérie *cis-trans*. Les formules de structure habituellement utilisées pour les vitamines D portent d'ailleurs la trace du noyau B du stérol précurseur, ce qui les représente comme des isomères *cis*. Sauf une allusion, sans justification expérimentale, de Dimroth [2], aucune mention n'a été faite, à notre connaissance, d'une vitamine D_2 répondant à une forme *trans*.

Nous avons appliqué au calciférol la méthode d'isomérisation à l'iode développée par Zechmeister dans le groupe des caroténoïdes [3]. Mais, soumis en solution éthéro-pétrolique à l'action de 1 à 2 % d'iode, le calciférol manifeste des déplacements de son spectre d'absorption ultraviolet assez compliqués : passage du maximum de 265 à $285^{m\mu}$, puis retour vers $250^{m\mu}$. Ces faits ne paraissent pas pouvoir être attribués à la seule isomérie *cis-trans*.

Cependant, en augmentant la quantité d'iode, nous avons constaté que le calciférol s'empare de ce métalloïde à froid en fournissant un précipité noir-verdâtre. Il s'agit d'un nouveau dérivé du calciférol, fondant à 150°, renfermant un atome d'iode, présentant encore son OH libre et de formule $C_{28}H_{43}OI$ (I % trouvé 25, calculé 24,3). Son spectre est superposable à celui du tachystérol, avec maximum à $292^{m\mu}$. En solution acétonique, il perd son iode sous l'influence de l'hyposulfite, en fournissant un corps de propriétés identiques à celles du *tachystérol* [4]. Nous avons pu obtenir ce dernier sous la forme cris-

---

(1) Séance du 8 juillet 1946.

(2) *Zeits. für Elektrochem.*, 49, 1943, p. 398.

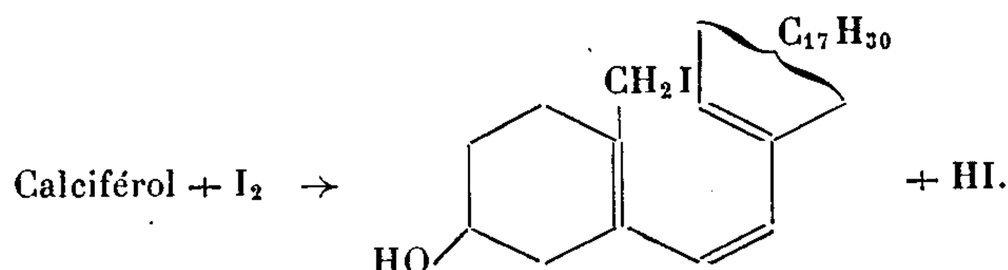
(3) *Chem. Reviews*, 34, 1944, pp. 267-344.

(4) Windaus et collab., *Liebigs Annalen*, 499, 1932, pp. 188-200; Grundmann, *Zeits. f. phys. Chem.*, 252, 1938, p. 151.

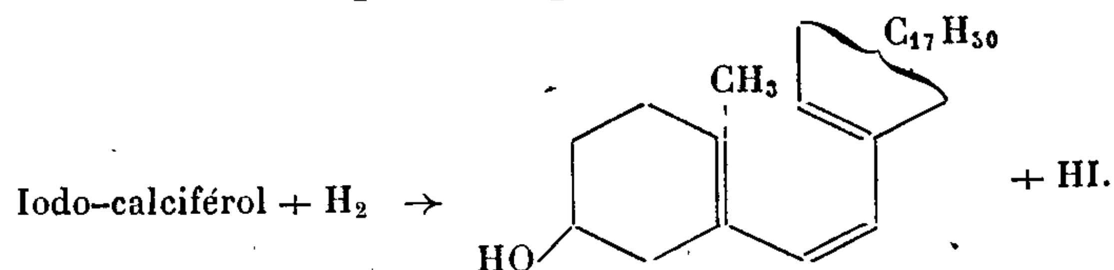
talline, contrairement à ce qui avait toujours été signalé [cf. (4)]. Il s'agit d'un corps blanc fondant à 163°.

Nous avons ensuite déterminé l'activité antirachitique du composé iodé, que nous appelons *iodo-calciférol* et l'avons trouvé au moins aussi grande que celle de la vitamine D_2. Dans une expérience sur le Rat (régime Steenbock et Black), la dose journalière de $0^{\gamma},008$ s'est montrée aussi efficace en une semaine que la même dose de calciférol administrée pendant 20 jours. Quant à l'activité du produit obtenu après enlèvement de l'iode, elle est considérablement abaissée et de l'ordre de celle du tachystérol lui-même [cf. (4)] (dose anti-rachitique environ 10^{γ} par jour).

Toutes ces données montrent que l'iode réagit sur le calciférol à la façon d'un réactif *ionisant*, tel que le trichlorure d'antimoine ou une argile acide, puisque le produit *régénéré* dans tous les cas est le même, le *tachystérol* (5). Il est alors aisé d'interpréter le mode de formation et de décomposition de l'*iodo-calciférol*. La fixation se ferait sur le méthylène terminal, comme pour le proton d'une argile acide [cf. (4)] et serait accompagnée de la migration du système conjugué, tandis qu'une molécule de HI apparaîtrait :



L'acidité qui prend naissance a été mise en évidence et titrée au cours de la préparation de l'iodo-calciférol. Ce dernier, dont le système responsable de l'absorption dans l'ultraviolet est identique à celui du tachystérol, se transformerait en ce composé, par nouvelle perte de HI sous l'influence d'un réducteur, l'hyposulfite de sodium par exemple



La vitamine D ne constitue pas le seul exemple de dérivé stérolique capable de fixer de l'iode sans diminution du nombre des doubles liaisons et sans intervention de l'oxhydryle alcoolique. En 1941, Jendrassik a signalé un *iodure d'ergostérol*, obtenu dans des conditions analogues aux précédentes, mais dépourvu d'activité vitaminique ainsi que son produit *désiodé* (5). Mais le rapprochement le plus remarquable est celui qui s'impose entre les faits décrits et le comportement du carotène sous l'influence de l'iode, élucidé par P. Karrer

(5) G. Thibaudet, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 751.

et Schwab (⁶). Dans les deux cas, la fixation d'iode conserve l'activité biologique [cf. (⁷)], tandis que son enlèvement ultérieur entraîne une perte totale ou presque de l'activité vitaminique. Dans les deux cas, les composés *régénérés*, après passage par la forme iodée, sont identiques à ceux auxquels aboutit le traitement par le trichlorure d'antimoine ou une argile acide, soit respectivement le tachystérol et le déhydrocarotène à partir du calciférol et du β-carotène.

SÉROLOGIE. — *La coagulation sanguine correspond-elle à un processus autocatalytique?* Note (¹) de M. **Ivan Bertrand** et Mlle **Denise Quivy**, présentée par M. Léon Binet.

Nous avons montré (²) que les thrombogrammes obtenus à l'aide de photomètres consistent en une courbe sigmoïde pouvant être assimilée à l'intégrale d'une distribution gaussienne des opacités différentielles. Mais cette interprétation n'est pas limitative; d'autres fonctions exponentielles donnent également des tracés sigmoïdes très comparables au précédent. Ainsi la formule

$$y = \frac{k}{1 + e^{a+bx}}$$

proposée par Verhulst en 1838, et qualifiée de *logistique* ou *autocatalytique*, se prête admirablement à l'ajustement des thrombogrammes (³).

Il est facile, par anamorphose logarithmique (R. Pearl), de transformer la courbe autocatalytique en un tracé rectiligne, dont la pente fournit un paramètre essentiel; mais cet ajustement n'est qu'approximatif et prête à des conclusions trop optimistes. Il convient d'opérer d'une manière plus rigoureuse. A la méthode des moindres carrés (J. Berkson) et à la méthode de vraisemblance maximum (R. A. Fischer), nous avons préféré la technique standard de F. E. Croxton et D. G. Cowden : ajustement basé sur trois points équidistants (ici 5 min. 30, 9 minutes et 12 min. 30). Nous avons obtenu pour les paramètres les valeurs suivantes :

$$k = 14{,}503, \qquad a = 4{,}27, \qquad b = -0{,}0243.$$

(⁶) *Magyar. chem. Folgairat*, 47, 1941, pp. 1-6.

(⁷) *Helv. Chim. Acta*, 23, 1940, p. 578.

(⁸) *Helv. Chim. Acta*, 14, 1931, p. 842

(¹) Séance du 1er juillet 1946.

(²) Ivan Bertrand, *C. R. Soc. Biol.*, 139, 1945, p. 1083.

(³) E. J. Baldes et K. K. Nygaard (*Proc. Staff Meet. Mayo Clinic.*, 11, 1936, p. 153) ont signalé incidemment l'analogie des thrombogrammes et des courbes logistiques.

(⁴) *Applied general statistics*, Prentice Hall Inc., New-York, 1946.

Les résidus étant minimes, la qualité de l'ajustement apparaît remarquable.

Temps (min. et sec.).	Opacité observée.	Opacité calculée.	Résidu.
5..........	0	0,097174	—0,002826
5,30.......	0,2	0,200005	—0,00005
6..........	0,4	0,4084	—0,0084
6,25.......	0,7	0,73224	—0,03224
6,40.......	1,0	1,0322	—0,0322
7..........	2,0	1,6067	+0,3933
7,20.......	2,7	2,4428	+0,2572
7,45.......	4,5	3,9313	+0,5687
8,5........	5,9	5,4644	+0,4356
8,25.......	8,5	7,1875	+1,3125 (*)
8,45.......	9,2	8,9209	+0,2791
9..........	10,11	10,1095	+0,0005
9,10.......	10,4	10,817	—0,383
9,30.......	12,0	11,990	+0,01
9,50.......	13,1	12,846	+0,254
10,15.......	13,5	12,846	+0,654
10,35.......	13,9	13,903	—0,003
11,10.......	13,9	14,240	—0,340
12,30.......	14,46	14,465	—0,005
13,10.......	14,6	14,489	+0,111

(*) Le résidu 1,3125 est excessif; il correspond à une erreur de lecture, qui apparaît manifestement sur le thrombogramme.

Au point de vue mathématique, le thrombogramme peut donc être considéré soit comme une courbe en ogive (intégrale gaussienne), soit comme une courbe autocatalytique. Mais ce dernier terme ne permet en aucune façon de préjuger de la nature intime du processus physiologique.

Le déroulement autocatalytique de la coagulation sanguine, déjà conçu par Arthus en 1901, n'a pas encore reçu de confirmation définitive. En effet, reconsidérant ses travaux de 1936 (5), Astrup, après de nouvelles recherches (6), conclut que ni la première phase (transformation de la prothrombine en thrombine), ni la seconde phase (transformation du fibrinogène en fibrine), ne sont responsables de l'allure autocatalytique que revêt indéniablement le processus global. Il faut donc incriminer un autre facteur, que certains auteurs croient trouver dans l'activation du précurseur de la thrombokinase (7) d'origine plasmatique ou thrombocytique.

(5) A. Fischer, *Bioch. Z.*, **279**, 1935, p. 108; T. Astrup et A. Fischer, *Skand. Arch. Physiol.*, **74**, 1936, p. 193.

(6) *Enzymologia*, **9**, 1941, p. 337.

(7) R. Feissly, *Helv. med. Acta*, **10**, 1943, p. 3; K. Laki, *Schweiz. med. Woch.*, **74**, 1944, p. 13.

Quoi qu'il en soit, selon nos thrombogrammes ([8]), tout se passe comme si la coagulation était une réaction autocatalytique, en présence ou non d'un apport supplémentaire de facteur thrombocinétique.

A 15h 45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h 15m. L. B.

([8]) Ivan Bertrand et D. Quivy, *C. R. Soc. Biol.*, **137**, 1943, p. 582.

ERRATA.

(Séance du 11 février 1946.)

Note de M. *François-N. Frenkiel*, Étude statistique de la turbulence : corrélations et spectres dans un écoulement homogène :

Page 367, dernière ligne,	*au lieu de*	$\int_{-T}^{+T}(X, Y, Z, s)\,ds$,	*lire*	$\int_{-T}^{+T}\Psi(X, Y, Z, s)\,ds$
368, lignes 1, 4, 19 et 21,	»	$\overline{u'}^2$,	»	$\overline{u'^2}$
368, ligne 10,	»	O_x	»	Ox
367, équation (2),	»	$\cos\left(\frac{sx}{u}\right)$,	»	$\cos\left(\frac{sx}{\overline{u}}\right)$
369, ligne 9,	»	$P^v_t(h) \neq R^v_x(h\overline{u})$ (entre les composantes v')		
	lire	$R^v_t(h) \neq R^v_x(h\overline{u})$ (entre les com.osantes v')		

(Séance du 25 février 1946.)

Note de M. *François-N. Frenkiel*, Études statistiques de la turbulence : corrélations et spectres dans un écoulement de turbulence homogène et isotrope :

Page 474, ligne 10,	*au lieu de*	$R_x(x)$,	*lire*	$xR_x(x)$
474, » 14,	»	(4),	»	(1)
	»	(2),	»	(4)
475, » 10,	»	$=\int_0^\infty s^2 f_y(s)$,	»	$=\int_0^\infty s^2 f_y(s)\,ds$

(Séance du 12 juin 1946.)

Note de M. *François-N. Frenkiel*, Étude statistique de la turbulence : théorie de la mesure de la corrélation avec deux fils chauds non compensés :

Page 1377, équation (2),	*au lieu de*	$R_x(x)$,	*lire*	$R_\Delta(r)$
1377, » (2),	»	$\frac{d^2Rc_r(0)}{dr^2}$,	»	$\frac{d^2Rc_\Delta(0)}{dr^2}$
1377, » (3),	»	$\mathrm{ch}\left(\frac{r}{MU}\right)$,	»	$\mathrm{ch}\left(\frac{r}{M\overline{u}}\right)$
1277, » (4),	»	$\frac{d^2Rc_x(0)}{dx^2}$,	»	$\frac{d^2Rc_\Delta(0)}{dr^2}$
1377, » (5),	»	$\left(\frac{Lc}{\overline{u}}\right)^2$,	»	$\left(\frac{Lc_\Delta}{\overline{u}}\right)^2$.
1378, ligne 2,	»	$L_x s = L_y$,	»	$L_x/2 = L_y$

(Séance du 12 juin 1946.)

Note de M[lle] *Suzanne Tribalat,* Sur les valences V et IV du rhénium :

Page 1390, ajouter après la 13[e] ligne :

J'ai remarqué que ces complexes de Re(V) surtout les complexes tartriques s'oxydent très facilement à l'air, plus rapidement que Sn (II) et d'autant plus vite que l'acidité est plus faible.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1946.

Critique et Géologie. Contribution à l'histoire des sciences de la Terre (1882-1942), par Emmanuel de Margerie. Tome II. Paris, Librairie Armand Colin, 1946; 1 vol. 28[cm], 5.

Société d'encouragement pour l'industrie nationale. *L'agriculture française devant la concurrence internationale,* par Pierre Fromont. Paris, Éditions J. et R. Sennac, 1946; 1 fasc. 26[cm], 5.

La forêt et la science forestière, par Philibert Guinier. Extrait de *Sciences.* Paris, Revue de l'Association française pour l'avancement des sciences, 1944; 1 fasc. 24[cm], 5.

Physionomie forestière de la France, par Philibert Guinier. Extrait de *Forêt et Urbanisme,* n[os] 107-108.

Révolution en agriculture, par Auguste Chevalier. Paris, Presses universitaires de France, 1946; 1 vol. 23[cm].

Université catholique de l'Ouest. Tome I. *Recherches et travaux.* Angers, Secrétariat des Facultés, 1946; 1 vol. 25[cm].

Université d'Alger. *Travaux de l'Institut de recherches sahariennes.* Tome I, 1942; Tome II, 1943; Tome III, 1945. Alger, Imprimerie E. Imbert; 3 vol. 25[cm], 5 (présenté par M. Em. de Martonne).

Actualités scientifiques et Industrielles. — 968. *Leçons d'hygiène appliquée au travail* par René Fabre. Tome I. *L'air des locaux de travail,* 1943. — 982. Tome II. *Les radiations et leur importance en hygiène du travail. L'eau dans l'industrie,* 1945. — 985. Tome III. *Les conditions hygiéniques du travail dans diverses industries. Les installations hygiéniques dans les locaux industriels,* 1945. Paris, Hermann et C[ie], 3 vol. 25[cm], 5. (présentés par M. P. Lebeau).

Id. — 235-935. *Leçons de toxicologie,* par René Fabre, avec la collaboration de M[lle] Marie-Thérèse Régnier et P. Chéramy. Tome I. *Introduction à l'étude de la toxicologie. Généralités sur les poisons* (Nouvelle édition), 1943. — 237-953 et 249-956. Tome II et III. *Toxicologie des gaz* (première et deuxième parties), 1943. — 250-961. Tome IV. *Alcools. Anesthésiques solvants,* 1943. — 256-963. Tome V. *Acide cyanhydrique. Dérivés aromatiques.* 1943. — 257-964. Tome VI. *Poisons organiques divers. Acide oxalique. Acide salycilique. Véronals et Sulfonals. Caféine et Théobromine. Digitale et Strophantus. Cantharides. Toxines et Intoxications alimentaires.* 1943. — 262-965 et 263-966. Tomes VII et VIII. *Alcaloïdes* (première et deuxième parties), 1943 et 1944. — 292-976, 293-978, 294-979, 995. Tomes IX, X, XI, XII. *Toxiques minéraux* (première, deuxième, troisième, quatrième parties), 1945. Paris, Hermann et C[ie]; 12 vol. 25[cm], 5 (présentés par M. P. Lebeau).

Les Tortues de l'Indochine, par René Bourret, avec une Note sur *la Pêche et l'élevage des Tortues de mer*, par F. Le Poulain. Hanoï, Institut océanographique de l'Indochine, 1941 ; 1 vol. 27cm, 5.

Les Batraciens de l'Indochine, par René Bourret. Hanoï, Institut océanographique de l'Indochine, 1942 ; 1 vol. 32cm.

Les Mammifères de l'Indochine. *Les Gibbons*, par René Bourret. Préparé au Laboratoire des sciences naturelles de l'Université indochinoise, s. d. ; 1 vol. 27cm, 5.

Comment déterminer une Tortue d'Indochine, par René Bourret, in *Publications de l'Instruction publique en Indochine*, s. d. ; 1 fasc. 27cm, 5.

Les Notes suivantes de M. René Bourret sont extraites des *Comptes rendus du Conseil des recherches scientifiques de l'Indochine*, 1942 :

— *Les Mammifères de la Collection du Laboratoire de Sciences naturelles de l'Université* ;

— *Note sur quelques Chauves-souris du Tran-Ninh, avec description de deux espèces nouvelles* ;

— *Sur quelques petits Mammifères du Tonkin et du Laos* ;

— *Note sur deux Oiseaux capturés au Tonkin par M. Winter* ;

— *Sur le véritable nom de l'Acanthosaure du Tonkin* ·

— *Les Batraciens de l'Indochine* (*Présentation d'ouvrages*) ; Hanoï, Imprimerie Taupin et Cie, 1944 ; 6 tirages à part, 27cm,5.

Sur une espèce de Francolin du Tonkin (Francolinus boineti), par René Bourret. Extrait des *Comptes rendus du Conseil de Recherches scientifiques de l'Indochine*, 1944. 1 Notice 27cm,5.

Les Oiseaux de la collection du Laboratoire des Sciences naturelles de l'Université, par René Bourret. Extrait du *Bulletin général de l'Instruction publique*, 1941, 1 fasc. 27cm.

Les Mammifères de la collection du Laboratoire de Zoologie de l'École supérieure des sciences, par René Bourret. Extrait des *Notes et Travaux de l'École supérieure des sciences de l'Université indochinoise*, 1942 ; 1 fasc. 27cm.

Gouvernement général de l'Indochine. *Notes herpétologiques sur l'Indochine française*, par René Bourret. XXII. *Reptiles et Batraciens reçus au Laboratoire des sciences naturelles de l'Université au cours de l'année* 1941. *Description d'une espèce et d'une variété nouvelles*. XXIII. *Sur la présence au Tonkin de* Rana (Hylarana) andersonii *Boulenger* ; 1 fasc. 27cm,5.

Id. — XXIV. *Reptiles et Batraciens reçus au Laboratoire de Zoologie de l'École supérieure des sciences au cours de l'année* 1942 ; par René Bourret. Extrait des *Notes et Travaux de l'École supérieure des sciences de l'Université indochinoise*, 1943 ; 1 fasc. 27cm.

Liste des Oiseaux récemment entrés dans les collections du Laboratoire de Zoologie, par René Bourret. Extrait des *Notes et Travaux de l'École supérieure des sciences de l'Université indochinoise*, 1943 ; 1 fasc. 27cm.

Comment déterminer un Batracien d'Indochine, par René Bourret, in *Publications de l'Instruction publique en Indochine*. Hanoï, Imprimerie G. Taupin et Cie, s. d. ; 1 fasc. 28cm.

Comment déterminer un Lézard d'Indochine, par René Bourret, in *Publications de l'Instruction publique en Indochine*. Hanoï, Imprimerie G. Taupin et Cie, 1943 ; 1 fasc. 28cm.

Université Indochinoise. *Notes et Travaux de l'École supérieure des sciences*, n° 3. Hanoï, Imprimerie d'Extrême-Orient, 1944 ; 1. fasc. 27cm,5.

Faune de l'Empire français. V. *Coléoptères cérambycides de l'Afrique du Nord*, par André Villiers. Paris, Office de la recherche scientifique coloniale; Éditions du Muséum; Librairie Larose, 1946; 1 vol. 28cm.

Survival of Bacteria added to Soil and the Resultant modification of Soil Population, par Selman A. Waksman et H. Boyd Woodruff. Extrait de *Soil Science*. Vol. 50, n° 6, 1940 (Journal series paper of the New Jersey Agricultural Experiment Station; Départment of Soil Chemistry and Microbiology.); 1 fasc. 25cm,5.

The Soil as a Source of microorganisms Antagonistic to Disease-Producing Bacteria, Selmann A. Waksman et H. Boyd Woodruff. Extrait de *Journal of Bacteriology*. Vol. 40, n° 4, 1940 (Id. —); 1 fasc. 25cm,5.

Actinomyces antibioticus, a new Soil Organism Antagonistic to Pathogenic and non-pathogenic Bacteria, par Selman A. Waksman et H. Boyd Woodruff. Extrait de *Journal of Bacteriology*. Vol. 42, n° 2, 1941 (Id. —); 1 fasc. 25cm,5.

The Chemical Nature of Actinomycin, an Antimicrobial Substance produced by Actinomyces Antibioticus, par Selman A. Waksman et Max Tishler. Extrait de *The Journal of Biological Chemistry*. Vol. 42, n° 2, 1942. (Id. —) 1 fasc. 22cm,5.

Toxicity of Actinomycin, par Selman A. Waksman, H. Robinson, H. J. Metzger et H. Boyd Woodruff. Extrait de *Proceedings of the Society for Expérimental Biology and Medicine*, 1 fasc. 25cm,5.

In vivo Activity of Streptothricin against Brucella abortus, par H. J. Metzger, Selman A. Waksman et Leonora H. Pugh. Extrait de *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*. New Jersey Agricultural Experiment Station (Journal series paper Departments of Dairy Husbandry and Soil microbiology, 1942); 1 fasc. 25cm, 5.

Bacteriostatic and Bacteriolytic properties of Actinomycetes, par Maurice Welsch. Extrait de *Journal of Bacteriology*. Vol. 44, n° 5, 1942. (Journal series paper, N. J. Agr. Exp. Station Department of Soil microbiology); 1 fasc. 25cm,5.

Distribution of Antagonistic Actinomycetes in Nature, par Selman A. Waksman, Elizabeth S. Horning, Maurice Welsch et H. Boyd Woodruff. Extrait de *Soil Science*, Vol. 54, n° 4, 1942. (Id. —); 1 fasc. 25cm, 5.

Selective Antibiotic Action of Various Substances of Microbial Origin, par Selman A. Waksman et H. Boyd Woodruff. Extrait de *Journal of Bacteriology*. Vol. 44, n° 3, 1942. (Id. —); 1 fasc. 25cm,5.

Streptothricin, a New Selective Bacteriostatic and Bactericidal Agent, particularly active against Gram-Negative Bacteria, par Selman A. Waksman et H. Boyd Woodruff. Extrait de *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*. Vol. 49, 1942. (Id. —) 1 fasc. 25cm,5.

Studies on the Toxicity of Actinomycin, par Harry J. Robinson et Selman A. Waksman. Extrait de *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics* Vol. 74, n° 1, 1942; 1 fasc. 25cm,5.

The occurence of Bacteriostatic and Bactericidal Substances in the Soil, par Selman A. Waksman et H. Boyd Woodruff. Extrait de *Soil Science*. Vol. 53, n° 3, 1942. (Journal series paper New Jersey Agricultural Experiment Station, department of Soil microbiology); 1 fasc. 25cm,5.

Action of Antibiotic Substances Upon Ceratostomella ulmi, par Selman A. Waksman et Elizabeth Bugie. Extrait de *The Society for Experimental Biology and Medicine*. vol. 54, 1943. (Id. —) 1 fasc. 25cm,5.

Distribution of Antagonistic fungi in Nature and their Antibiotic Action, par Selman A. Waksman et Elizabeth S. Horning. Extrait de *Mycologia*. Vol. XXXV, n° 1, 1943. (Id. —); fasc. 23cm.

Production and Activity of Streptothricin, par SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Journal of Bacteriology*. Vol. 46, n° 3, 1943 (Id. —); 1 fasc. 25cm,5.

The Microbe as a Biological System, par SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Journal of Bacteriology*. Vol. 45, n° 1, 1943. (Id. —); 1 fasc. 25cm,5.

Two Antagonistic fungi, Aspergillus Fumigatus and Aspergillus Clavatus, and their Antibiotic Substances, par SELMAN A. WAKSMAN, ELIZABETH S. HORNING et ERNEST L. SPENCER. Extrait de *Journal of Bacteriology*. Vol. 45, n° 3, 1943; 1 fasc. 25cm,5.

A rapid and accurate Method for Testing Penicillin, Production by different Strains of P. notatum, par SELMAN A. WAKSMAN, et H. CHRISTINE REILLY. Extrait de *Journal of Bacteriology*. Vol. 47, n° 3, 1944. 1 fasc. 25cm,5.

Antibiotic Substances, Production by Microorganisms-Nature and Mode of Action, par SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *American Journal of Public Health*. Vol. 34, n° 4, 1944. (Id. —) 1 fasc. 24cm,5.

Bactericidal Action of Antibiotic substances, par SELMAN A. WAKSMAN et H. CHRISTINE REILLY. Extrait de *Journal of Infectious Disease*. Vol. 75, 1944. Menasha Wis., George Banta Publishing C°; 1 fasc. 26cm.

Bacteriostatic and Bactericidal properties of Antibiotic Substances, with special reference to Plant-Pathogenic Bacteria, par SELMAN A. WAKSMAN, ELIZABETH BUGIE et H. CHRISTINE REILLY. Extrait de *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. Vol. 71, n° 2, 1943 (Journal series paper of the Agricultural Experiment Station Departement of microbiology); 1 fasc. 25cm,5.

Chaetomin, a new Antibiotic Substance produced by Chaetomium Coehliodes. I. *Formation and Properties*, par SELMAN A. WAKSMAN et ELIZABETH BUGIE. — II. *Isolation and Concentration*, par WALTON B. GEIGER, JEAN E. CONN, et SELMAN A. WAKSMAN. Extraits de *Journal of Bacteriology*. Vol. 48 n° 5, 1944; (Id. —) 2 fasc. 25cm, 5.

Control of Gram-Negative Bacteria in Experimental Animals by Streptomycin, par DORIS JONES, H. J. METZGER, ALBERT SCHATZ et SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Science*, vol. 100, n° 2588, 1944; (Id. —) 1 fasc. 22cm, 5.

Effect of Streptomycin and other Antibiotic Substances upon mycobacterium tuberculosis *and Related Organisms*, par ALBERT SCHATZ et SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*. Vol. 57, 1944; (Id. —) 1 fasc. 25cm, 5.

Production and Nature of Antibiotic Substances, par SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *The Harvey Lectures*, série XL, 1944-45; (Id. —) 1 fasc. 20cm.

Isolation of Antibiotic Substances from Soil Micro-Organisms with special Reference to Streptothricin and Streptomycin, par SELMAN A. WAKSMAN, ELIZABETH BURGIE et ALBERT SCHATZ. Extrait de *Proceedings of the Stoff Meetings of the Mayo Clinic*, 1944; 1 fasc. 23cm, 5.

Purification and Antibacterial Activity of Fumigacin and Clavacin, par SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Science*. Vol. 99, n° 2568, 1944; 1 fasc. 26cm, 5.

Strain Specificity and Production of Antibiotic Substances. III. *Penicillium Notatum-Chrisogenum Group*, par SELMAN A. WAKSMAN et CHRISTINE REILLY. — IV. *Variations among Actinomycetes, with special Reference to Actinomyces Griseus*, par ALBERT SCHATZ et SELMAN A. WAKSMAN. Extraits de *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 30 et 31, n° 5, 1944 et 1945 (Journal Series papen of the New Jersey Agricultural Expériment Station, Department of microbiology); 2 fasc. 25cm, 5.

(*à suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 JUILLET 1946.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Alexandre Ostrowski**, professeur à l'Université de Bâle, qui assiste à la séance.

CHIMIE MINÉRALE. — *Élaboration du zinc à partir d'un minerai quelconque et de carbure de calcium.* Note (1) de M. **Louis Hackspill** et de Mlle **Marie-Louise Jungfleisch**.

L'un de nous (2) a montré que les métaux volatils peuvent être déplacés de leurs composés binaires en chauffant ces derniers dans le vide, avec du calcium métallique. Il a montré également, en collaboration avec E. Botolfsen (3) et avec Ch. Staehling, que le carbure de calcium, facilement dissociable, se comporte le plus souvent comme le métal alcalino-terreux libre.

Le zinc bout à 907° sous la pression atmosphérique et distille avec facilité dans le vide à partir de sa température de fusion 419°. C'est du reste le seul métal usuel qui soit habituellement préparé par réduction et distillation.

Les minerais sont de deux sortes : les blendes qui renferment du sulfure SZn et les calamines, oxyde, carbonate ou silicate de zinc. La métallurgie thermique, encore très souvent appliquée, consiste à préparer l'oxyde par grillage ou calcination et à réduire ce dernier par le carbone ou l'oxyde de carbone.

Cette réduction est fortement endothermique et nécessite une grande dépense de combustible.

Bodenstein et Schubhart (4) ont montré qu'il s'agit d'un équilibre et ont même mesuré, en 1917, les tensions fixes correspondant à certaines températures. Dans la pratique il est nécessaire de chauffer très haut, et l'on atteint

---

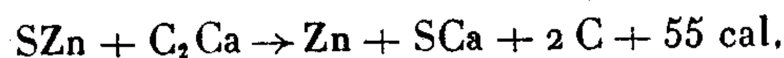
(1) Séance du 17 juillet 1946.

(2) Hackspill et Staehling, *Bull. Soc. Chim.*, **15**, IV, 1914, p. 532.

(3) *Bull. Soc. Chim.*, **21**, IV, 1922, p. 845.

(4) *Z. ang. Chem.*, **2**, 1917, p. 359.

souvent 1400 ou 1500°. Les pertes de métal pour l'ensemble des opérations de grillage et de réduction peuvent parfois dépasser 20 %. La réduction par le carbure de calcium est beaucoup plus facile, elle peut être obtenue directement à partir de la blende. La réaction est alors la suivante :



$$SZn + C_2Ca \rightarrow Zn + SCa + 2\,C + 55\ \text{cal.}$$

elle est fortement exothermique et commence entre 700 et 800°, dans le vide ou dans une atmosphère d'hydrogène.

A cette température le fer et la fonte ne sont pas attaqués, ce qui simplifie considérablement la construction des appareils.

De nombreux essais ont été effectués au laboratoire; ils ont porté sur 2g de zinc chaque fois.

L'action de divers catalyseurs ou fondants a été étudiée. Le chlorure de sodium est celui qui donne les meilleurs résultats, il présente en outre l'avantage de rendre le sulfure résiduaire soluble dans l'eau.

Les expériences résumées ci-dessous ont été effectuées sur des quantités de minerai correspondant à 2g de métal.

Minerai.	% Zn.	Fondant.	Tempé-rature.	Temps de chauffage (en heures).	Atmosphère.	Rendement (%).
Blende........	63,7	sans	1000°	2	vide 1mm	90
»	50	»	800	2	»	55
»	50	»	1000	2	hydrogène	65
»	50	»	1000	3,30	»	75
»	50	ClNa	825	3,30	»	95
»	50	»	825	3,30	gaz éclairage	95
Silicate.......	37	»	830	3,30	»	96
Oxyde Zn......	80	sans	825	3,30	hydrogène	96

Le zinc distille plus rapidement sous vide que dans l'hydrogène. De même, la vitesse de déplacement du métal augmente avec la température. Mais l'addition de chlorure de sodium permet d'obtenir le rendement maximum à 800°, même à la pression atmosphérique.

Nous avons traité non seulement des blendes, mais des calamines contenant des silicates difficiles à réduire par le charbon et les résultats sont identiques.

Le zinc ainsi préparé sous vide, dans l'hydrogène ou le gaz d'éclairage n'est pas oxydé, il est exempt d'arsenic, fer et plomb.

En résumé, la réduction des minerais de zinc par le carbure de calcium donne directement un métal pur. Elle s'effectue à 800° dans le vide ou dans un gaz inerte avec un rendement de 95 % sans grillage préalable des blendes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence et le dosage du rubidium dans les terres arables.* Note (¹) de MM. **Gabriel Bertrand** et **Didier Bertrand.**

Depuis la découverte du rubidium par Bunsen et Kirchhoff dans un résidu de lépidolithe dont on avait extrait la lithine (²) et, peu après, par Grandeau dans le salin de Betteraves (³), la présence du nouveau métal alcalin a été reconnue par les deux premiers savants dans plusieurs minéraux lithinifères et dans certaines sources dites *minérales*, et par le dernier dans cinq plantes sur neuf qu'il a examinées.

Il n'est pas surprenant, dans ces conditions, que l'on ait pensé à se servir du spectroscope pour analyser la terre arable et que l'on ait réussi à déceler dans plusieurs échantillons de celle-ci des traces de rubidium.

C'est ainsi qu'à la suite d'expériences basées sur l'examen direct des substances, et dont nous avons déjà fait mention (⁴), Hugh Ramage a trouvé que « le rubidium est très largement distribué dans les sols », mais il n'a fourni aucun renseignement sur l'origine de ses échantillons, leur nombre et la proportion de ceux qui ont donné un résultat positif.

Plus récemment, d'après le résumé d'un travail paru en japonais (⁵), Keizo Hirai et Buichiro Takagi ont examiné, au spectroscope, 28 échantillons de sols; parmi les métaux reconnus, le baryum, le lithium, le strontium, le titane et le vanadium étaient les plus fréquents; mais il y avait aussi du rubidium dans certains échantillons.

Les nombreuses déterminations que nous avons effectuées en combinant les méthodes chimique et spectrographique au sujet du rubidium (⁶), déterminations d'après lesquelles ce métal alcalin existe sans exception dans toutes les plantes et dans toutes les parties des plantes, apportent une première démonstration de l'existence non seulement fréquente mais générale du rubidium dans le sol et dans les eaux, milieux où les plantes puisent les éléments métalliques de leur construction.

Nous avons entrepris de compléter cette démonstration par une étude directe, à la fois qualitative et quantitative, d'un certain nombre de sols d'origines diverses.

Le rubidium, comme le potassium, doit exister dans le sol à des états très différents, plus ou moins attaquables par l'eau, l'acide carbonique et les sécrétions radicellaires; ces états sont, en conséquence, d'un intérêt plus ou

(¹) Séance du 17 juillet 1946.

(²) *Ann. Chim. Phys.*, 3ᵉ série, **64**, 1862, pp. 257-311.

(³) *Ann. Chim. Phys.*, 3ᵉ série, **67**, 1863, pp. 155-236.

(⁴) *Nature*, **123**, 1929, pp. 601-602; **132**, 1933, p. 67.

(⁵) Dans le *Bull. Sci. Fakultat Terkultura*, Kijusu Imp. Univ., **7**, 1937, pp. 239-244; résumé dans *Chem. Abstr.*, **31**, 1937, p. 8094.

(⁶) *Comptes rendus*, **219**, 1944, pp. 325-327; **222**, 1946, pp. 423-426 et 572-574.

moins immédiat pour les plantes. Pour rechercher le rubidium et évaluer d'une manière déjà intéressante au point de vue de la physiologie végétale ses proportions relatives dans les échantillons de sols dont nous disposions ([7]), nous avons opéré d'après la technique suivante.

Vingt grammes de terre fine ([8]), séchée à l'étuve à 105°, ont été passés au four électrique dans une capsule de platine, à une température un peu au-dessous du rouge, pour incinérer les débris végétaux, les substances organiques du groupe de l'humus et déshydrater l'argile. Les cendres refroidies ont été additionnées peu à peu d'acide chlorhydrique en solution normale jusqu'à cessation d'effervescence; on a ajouté 20^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré (décanormal) et évaporé à sec au bain-marie, en remuant de temps en temps. Sur le résidu desséché, dans lequel la silice était pour la plus grande partie devenue insoluble, on a versé 20^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré, chauffé au bain-marie en remuant avec un agitateur pendant une dizaine de minutes, puis laissé déposer et décanté la partie liquide à travers un filtre en recueillant le liquide jaune et limpide dans une fiole. La partie indissoute a été extraite de la même manière, à cinq reprises différentes, en employant chaque fois 20^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré. L'expérience a montré que des extractions supplémentaires enlèvent encore des métaux alcalins à la terre, mais alors en quantités si minimes que les six premières extractions représentent à très peu près les proportions qu'il est intéressant de considérer dans le travail de prospection auquel nous nous sommes livrés.

Les cent et quelques centimètres cubes de la solution acide filtrée sont évaporés à sec au bain-marie dans une capsule de platine et le résidu traité exactement comme nous l'avons décrit pour l'analyse de la partie soluble dans l'acide chlorhydrique d'une cendre végétale ou animale. Finalement, les métaux alcalins étant passés en entier à l'état de chlorures, on soumet 10^{mg} du mélange salin sec à l'examen spectrographique.

Comme dans le cas des matériaux d'origine biologique, nous donnons pour les sols, dans le tableau ci-après, les quantités de potassium, de sodium et de rubidium que nous avons dosées. Les chiffres sont exprimés en milligrammes par kilogramme de terre séchée à 105°.

Ainsi nous avons trouvé des quantités dosables de rubidium dans tous les échantillons de sols que nous avons analysés, que ceux-ci proviennent de France (17 échant.), de Danemark, d'Italie, de Serbie, des rives du Nil ou du Niger.

([7]) Ces échantillons faisaient partie d'une collection du laboratoire ayant servi à d'autres recherches, telles que Gab. Bertrand et M. Mokragnatz (*Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1566); Gab. Bertrand et L. Silberstein (*ibid.*, **184**, 1927, p. 1383); **186**, 1928, p. 477); Didier Bertrand (*ibid.*, **211**, 1940, p. 406; *Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, **9**, 1942, p. 133). De sorte que les résultats obtenus permettent de faire des comparaisons intéressantes.

([8]) Préparée à partir de terre recueillie entre la surface et 20^{cm} de profondeur.

Les proportions rencontrées sont comprises entre $0^{mg},2$ et $18^{mg},7$ par kilog. de terre fine séchée à + 105°.

Origine des sols.	K.	Na.	Rb.
Puysaye (Yonne). Sable d'une aspergeraie	350	42,5	0,20
Pantchevo, Banat (Serbie)	1395	29,5	0,70
Limon du Nil (près du Caire)	615	345	0,82
Fontainebleau (S.-et-M.). Terre de bruyère	355	49	1,32
Malvergne n° 3 (Vendée). Terre de jardin potager	956	230	1,42
Binitze Laaland (Danemark)	402	352	1,56
Versailles (S.-et-O.). Station de Recherc. agronom	680	92	1,69
Limon du Niger (pris à Ségon)	364	88	1,69
Neuville près Caen (Calvados)	488	183	1,76
Eu (Somme). Éboulis du turonien	584	145	1,82
Kebernès, près Quimper. Sur granulite	665	101	1,86
Grignon (S.-et-O.). École nat. d'Agriculture	675	108	1,98
Malvergne n° 2 (Vendée)	370	222	2,49
Beauvoisin n° 1 (Gard)	625	182	2,80
Charbuy (Yonne). Terre forte	980	124	2,99
Genolhac n° 1 (Gard). Granit désagrégé	427	36	3,60
Versailles n° 1 (S.-et-O.). Station de Recherc. agronom	1160	110	3,93
Institut Pasteur de Paris. Parcelle du jardin sans engrais depuis 25 ans	975	545	4,12
Heurteauville près Rouen (Seine-Infér.)	403	277	4,49
Malvergne n° 1 (Vendée). Verger	770	73	4,70
Grignon. École nat. d'Agriculture. Sans engrais depuis 1875	1800	122	4,86
Aquapendente (Italie). Vallée	1290	1740	18,70

Les deux chiffres extrêmes sont plutôt exceptionnels. La proportion la plus faible provient du sol, très riche en sable d'une aspergeraie, ce qui ne peut étonner, le sable n'étant pas susceptible de fournir du rubidium, ni très capable d'en retenir venant d'une source extérieure. La proportion la plus forte, présente dans le sol de la vallée qui se trouve au bas de la ville d'Aquapendente, est au contraire extraordinairement au-dessus de toutes les autres; peut être la terre de cette région renferme-t-elle quelque minéral, analogue à la lépidolithe étudiée par Bunsen et Kirchhoff, particulièrement riche en rubidium.

En première approximation et d'après les autres échantillons analysés, les teneurs en rubidium des terres cultivées, de moyenne ou de bonne fertilité, sont comprises entre 1 et 5^{mg}/kg. Dans les mélanges complexes qui constituent les terres arables, le sable et la craie apparaissent comme des diluants du rubidium. Pour le reste, quelle que soit son origine, le rubidium accompagne approximativement le potassium, mais d'une manière qui n'est en rien proportionnelle.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Machines du Conservatoire national du Conservatoire des Arts et Métiers, pour la première ligne, M. *René Théry* obtient 22 suffrages contre 3 à M. *Robert Legendre*.

Pour la seconde ligne, M. *Robert Legendre* obtient 20 suffrages, il y a 1 bulletin nul.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **René Théry**.
En seconde ligne .... M. **Robert Legendbe**.

CORRESPONDANCE.

L'**American Institute of Mining and Metallurgical Engineers** signale que les cérémonies du *soixante-quinzième anniversaire* de sa fondation, qui devaient avoir lieu au mois de septembre, sont reportées au 17-19 mars 1947.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Constantin Popovici. *Sur les formes que doit avoir un vase pour que, plongé dans l'eau, la partie immergée soit une fonction donnée* $X_1(X)$ *de la hauteur totale* X *du vase.*

Constantin Popovici. *The Third Centenary of the Birth of Newton.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions holomorphes dans une région-bande et une généralisation du problème de Watson.* Note de MM. **Szolem Mandelbrojt** et **Gérald MacLane**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Le but de cette Note est de généraliser d'une manière essentielle quelques théorèmes établis par l'un de nous (1) et d'appliquer les résultats obtenus à un problème généralisant celui de Watson.

Soit $g(\sigma) > 0$ une fonction définie et continue pour $\sigma \geqq a$, avec $-\infty \leqq a < \infty$, cette fonction étant à variation bornée dans (a, ∞) et telle que $\lim_{\sigma=\infty} g(\sigma) = \pi/2$. Posons $S(\sigma) = \frac{\pi}{2}\int_c^\sigma \frac{du}{g(u)}$, où $c > a$. Soit Δ_s le domaine, dans le plan de la variable $s = \sigma + it$, défini par les inégalités $\sigma > a$, $|t| < g(\sigma)$, et soit Γ la frontière de Δ_s.

(1) *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 1157-1158.

Nous démontrons les théorèmes suivants :

THÉORÈME 1. — *Soit* $F(s)$ *une fonction non-identiquement nulle, holomorphe et bornée dans* Δ_s *et continue dans* $\Delta_s \cup \Gamma$. *Soit* $N(\sigma)$ *une fonction croissante telle que pour* σ *suffisamment grand,* $\log|F(\sigma + ig(\sigma)| \leqq -N(\sigma)$. *Dans ces conditions*

$$\int^{\infty} N(\sigma)\, e^{-S(\sigma)}\, d\sigma < \infty. \tag{1}$$

THÉORÈME 2. — *Soit* $N(\sigma)$ *une fonction croissante telle que* (1) *ait lieu. Il existe une fonction* $F(s)$ *holomorphe dans* Δ_s, *continue et ne prenant pas la valeur zéro dans* $\Delta_s \cup \Gamma$, *telle que* $\log|F[\sigma \pm ig(\sigma)]| \leqq \log M(\sigma) \leqq -N(\sigma)$ *ait lieu dans* $\Delta_s \cup \Gamma$, *où* $M(\sigma) = \operatorname*{Max}_{|t| \leq g(\sigma)} |F(\sigma + it)|$, $(\sigma > a)$.

THÉORÈME 3. — *Si le domaine* Δ_s *est tel que* $g'(\sigma)$ *existe pour* $\sigma > k > a$ *et satisfait, pour* $\sigma > k$, *aux conditions*

$$|g'(\sigma)| < A, \qquad g'(\sigma + h) - g'(\sigma) > -Ah \qquad (h > 0),$$

où A *est une constante positive, et si* $F(s)$ *est une fonction non-identiquement nulle, holomorphe et bornée dans* Δ_s *et continue dans* $\Delta_s \cup \Gamma$, *alors*

$$\int^{\infty} \log|F[\sigma + ig(\sigma)]|\, e^{-S(\sigma)}\, d\sigma > -\infty.$$

THÉORÈME 4. — *Soit* $F(s)$ *une fonction holomorphe dans* Δ_s *et continue dans* $\Delta_s \cup \Gamma$. *Soit* $\{M_n\}$ $(n \geqq 1)$ *une suite de nombres positifs tels qu'on ait dans* Δ_s : $|F(s)| \leqq M_n e^{-n\sigma}$ $(n \geqq 1)$.

Si $\underline{\lim}_n M_n^{\frac{1}{n}} < \infty$, *ou si* $\lim_n M_n^{\frac{1}{n}} = \infty$, *avec*

$$\sum e^{-S\left(\log \frac{M_{n+1}^c}{M_n^c}\right)} = \infty,$$

où $\{\log M_n^c\}$ *est la régularisée convexe de* $\{\log M_n\}$ [2], *alors* $F(s) \equiv 0$.

THÉORÈME 5. — *Si* $\lim_n M_n^{\frac{1}{n}} = \infty$, *avec*

$$\sum e^{-S\left(\log \frac{M_{n+1}^c}{M_n^c}\right)} < \infty,$$

il existe une fonction $F(s)$ *holomorphe dans* Δ_s, *continue et ne prenant pas la valeur zéro dans* $\Delta_s \cup \Gamma$ *et telle que dans* Δ_s : $|F(s)| \leqq M_n e^{-n\sigma}$ $(n \geqq 1)$.

Remarquons que si $g(\sigma) = \pi/2$ $(\sigma \geqq a)$, $a = -\infty$, $c = 0$, on obtient

$$S(\sigma) = \sigma, \qquad \sum e^{-S\left(\log \frac{M_{n+1}^c}{M_n^c}\right)} = \sum \frac{M_n^c}{M_{n+1}^c},$$

---

[2] Pour la définition de la régularisée convexe d'une suite voir par exemple S. MANDELBROJT, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 577.

et nos théorèmes se réduisent aux théorèmes bien connus, les théorèmes 4, 5 devenant d'ailleurs ceux qui fournissent la solution du problème classique de Watson.

Les démonstrations de nos théorèmes s'appuient essentiellement sur les mêmes théorèmes correspondant au cas $g(\sigma) = \pi/2\ (\sigma > -\infty)$, sur les théorèmes de représentation conforme de M. L. Ahlfors (³) et sur les lemmes suivants :

LEMME 1. — *Soit* D_z *la bande dans le plan* $z = x + iy$ *définie par* $|y| < \pi/2$, *et soit* $z = z(s) = x(s) + iy(s)$ *la fonction qui représente* Δ_s *sur* D_z *de manière que l'intervalle* $a < \sigma < \infty$ *de l'axe réel du plan s corresponde à l'axe réel du plan z avec* $z(d) = 1\ (d > a)$, $z'(\sigma) > 0$. *On a* $\lim_{\sigma=\infty} [dx(\sigma)/d\sigma] = 1$.

Si $g(\sigma)$ *satisfait en plus aux conditions mentionnées dans le théorème* 3, *il existe une constante* $\delta > 0$ *telle que* $\overline{x}(\sigma_2) - \overline{x}(\sigma_1) > \delta(\sigma_2 - \sigma_1)\ (0 < \sigma_2 - \sigma_1 < 1,\ \sigma_1 > k)$, *où* $\overline{x}(\sigma) = x(\sigma + ig(\sigma))$.

LEMME 2. — *Les trois intégrales* $\int^{\infty} N(\sigma) e^{-S(\sigma)} d\sigma$, $\int^{\infty} N(\overline{\sigma}(x)) e^{-x} dx$, $\int^{\infty} N(\sigma(x)) e^{-x} dx$ *convergent simultanément.*

LEMME 3. — *Si* $N_1(x)$ *est une fonction croissante pour* $x \geqq 0$, *avec* $N_1(0) = 0$, $\int^{\infty} e^{-x} dN_1(x) < \infty$, *la fonction*

$$P(z) = \int_0^{\infty} \left\{ \log(1 - e^{-e^{-u+z}}) + u - z \right\} dN_1(u)$$

est holomorphe dans D_z *et satisfait, dans ce domaine, à l'inégalité*

$$\mathcal{R} P(z) < -\int_0^{x-\log 2} N_1(u)\, du \qquad (x \geqq 1);\ \mathcal{R} P(z) < 0;\ x < 1).$$

LEMME 4. — *Soit* $\{\nu_n\}$ *une suite positive croissante avec* $\lim \nu_n = \infty$, *soit* $N(x) = 0$ *pour* $0 \leqq x \leqq \nu_1$, $N(x) = n$ *pour* $\nu_n < x \leqq \nu_{n+1}$, *et posons* $N_n = \sum_1^n \nu_i$; *on a*

$$\int_0^x N(t)\, dt = \max_{n \geqq 1}(nx - N_n),$$

et les deux expressions $\sum e^{-S(\nu_n)}$, $\int^{\infty} e^{-S(x)} N_1(x)\, dx$, *où* $N_1(x) = \int_0^x N(t)\, dt$ *convergent simultanément.*

(³) *Acta Societatis Scientiarum Fennicae*, N. S. A., 1, IX, 1930, p. 1.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les transformations conformes d'un domaine en lui-même laissant un bout premier invariant.* Note de Mlle **Jacqueline Ferrand**, présentée par M. Denjoy.

Soit Δ un domaine simplement connexe du plan ζ. Par représentation conforme sur un cercle on pourra diviser les transformations de Δ en lui-même en trois types : elliptique, parabolique ou hyperbolique. Soient (T) celles de ces transformations qui laissent invariant au moins un bout premier α de Δ; en représentant Δ sur le demi-plan D ($x > 0$) par $z = \varphi(\zeta)$ [$\zeta = f(z)$] de manière que α corresponde à $z = \infty$, on se ramène aux homothéties $z' = az + b$ (a, b constantes réelles). Les transformations paraboliques (T_1) correspondent aux translations $z' = z + b$ ($a = 1$).

Nous appellerons *domaines d'invariance* d'une transformation (T) les domaines autres que Δ, contenus dans Δ, restant invariants dans (T); ce sont les images respectives, pour une transformation générale (T), d'un angle d'accessibilité de D ayant son sommet sur l'axe imaginaire, et, pour une transformation (T_1), d'un demi-plan $x > x_0 > 0$.

a. Nous allons montrer que dans toute transformation (T)

$$\zeta' = g(\zeta) = f[a\varphi(\zeta) + b],$$

le rapport $|g(\zeta) - \zeta_0|/|\zeta - \zeta_0|$ reste borné lorsque $\zeta \to \alpha$ dans un domaine d'invariance, quel que soit ζ_0 non intérieur à Δ.

La démonstration repose uniquement sur l'intégrale de Poisson. En posant $h(y) = \lim_{x \to 0} \arg[f(x+iy) - \zeta_0] - \arg[iy]$, on a

$$\text{(I)} \qquad \log\frac{|f(z_0+it) - \zeta_0|}{|f(z_0) - \zeta_0|} = \frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\left[\frac{y-y_0}{x_0^2+(y-y_0)^2} - \frac{y-t-y_0}{x_0^2+(y-t-y_0)^2}\right]h(y)\,dy + \log\frac{|z_0+it|}{|z_0|},$$

$$\text{(II)} \qquad \log\frac{|f(kz_0) - \zeta_0|}{|f(z_0) - \zeta_0|} = \frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\left[\frac{y-y_0}{x_0^2+(y-y_0)^2} - \frac{y-ky_0}{x_0^2+(y-ky_0)^2}\right]h(y)\,dy + \log k,$$

$|h(y)|$ est borné. Dans chacune des intégrales la quantité entre [ ] est la dérivée d'une fonction dont la variation totale est de l'ordre de t/x_0 pour la première, de $(|y_0|/x_0) +$ const. pour la deuxième. La propriété énoncée en découle immédiatement.

b. Ceci permet de montrer que dans une transformation parabolique, le rapport $[(g(\zeta) - \zeta_0)/\zeta - \zeta_0] \to 1$ lorsque $\zeta \to \alpha$ de sorte que $x = \mathcal{R}\varphi(\zeta) \to \infty$. *Toute transformation* (T_1) *a ainsi une dérivée angulaire égale à l'unité.*

c. Prenons pour ζ_0 un point principal de α. Soit ζ_n une suite convergeant vers ζ_0, telle que $z_n = \varphi(\zeta_n)$ converge angulairement vers $z = \infty$. On déduit de (*a*) que la suite $\zeta'_n = g(\zeta_n)$ converge vers ζ_0. Donc *les points principaux de α restent en quelque sorte invariants dans toute transformation* (T).

Si la représentation de Δ sur D est semi-conforme en α (conditions géométriques de M. Ostrowski) on sait que $[f(az+b)-\zeta_0]/[f(z)-\zeta_0] \to a$ lorsque $z \to \infty$ angulairement, en prenant pour ζ_0 le point accessible de α. Donc le rapport $[g(\zeta)-\zeta_0]/(\zeta-\zeta_0)$ a une limite lorsque $\zeta \to \zeta_0$ dans un domaine d'invariance. Réciproquement, si ce rapport a une limite pour toute transformation (T), la représentation de Δ sur D est semi-conforme. Mais l'existence d'une transformation pour laquelle cette limite existe ne suffit pas à assurer la semi-conformité.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur le mouvement de certains systèmes articulés de corps rigides pesants.* Note de M. **D. Mangeron**, présentée par M. Jean Chazy.

1. Nous nous proposons ici d'établir le schéma mathématique du mouvement d'un système articulé de corps rigides pesants généralisant le problème de la cloche et son battant (¹).

2. Soient $C_1, C_2, C_3, \ldots, C_n$ n corps rigides pesants suspendus l'un à l'autre par des axes parallèles entre eux que nous supposerons horizontaux, O_1z_1, O_2z_2, O_3z_3, $\ldots$, $O_{n-1}z_{n-1}$, de manière que l'axe O_iz_i soit lié invariablement au corps C_i et constitue en même temps l'axe de suspension pour le corps C_{i+1}. Le corps C_1 est lui aussi suspendu par un axe horizontal O_0z_0 parallèle aux axes $O_iz_i (i=1, 2, 3, \ldots, n-1)$ et lié rigidement au monde extérieur.

Soient de même $O_0x_0y_0z_0$ et $O_ix_iy_iz_i$ n systèmes d'axes de coordonnées rectangulaires congruents entre eux, O_0x_0 et O_ix_i étant des verticales descendantes. Supposons que tous les points $O_0, O_1, O_2, \ldots, O_{n-1}$ et que les centres de gravité $G_1, G_2, G_3, \ldots, G_n$ des corps considérés se trouvent dans un même plan vertical $x_0O_0y_0$ coïncidant d'ailleurs avec les plans $x_iO_iy_i$, et que de plus le point G_i se trouve situé sur l'axe $O_{i-1}O_i$.

Soient $m_1, m_2, m_3, \ldots, m_n$ les masses des corps considérés, g la constante de gravité; notons par $a_i=|\overline{O_{i-1}O_i}|$, $l_i=|\overline{O_{i-1}G_i}|$, par θ_i l'angle de l'axe $O_{i-1}O_i$ avec la verticale descendante, par $\dot{\theta}_i$ et $\ddot{\theta}_i$ les dérivées de cet angle par rapport au temps t, et enfin par k_i le rayon de giration du corps C_i par rapport à l'axe $O_{i-1}z_{i-1}$.

Les équations du mouvement de ce système matériel, déduites soit des méthodes eulériennes dans leurs formes vectorielles, soit des méthodes lagrangiennes dans leurs formes scalaires, si l'on suppose les corps C_i symétriques

(¹) Voir par exemple J. Chazy, *Cours de Mécanique rationnelle*, II, Paris, 1933, p. 85 et suiv.; et, pour la bibliographie de ce sujet devenu classique, l'*Encyklopädie d. math. Wiss.*, IV, K. Heun, *Ansätze u. allgemeine Methoden der Systemmechanik*, Leipzig, 1914, p. 375 et suiv.

par rapport au plan vertical $x_0 O_0 y_0$, sont :

$$
(1) \quad \left\{
\begin{aligned}
& (l_{n-i} m_{n-i} + a_{n-i} m_{n-i+1} + a_{n-i} m_{n-i+2} + \ldots + a_{n-i} m_n) \\
& \quad \times \left\{ \sum_{j=1}^{n-i} a_j [\ddot{\theta}_j \cos(\theta_{n-i} - \theta_j) + \dot{\theta}_j^2 \sin(\theta_{n-i} - \theta_j)] + g \sin \theta_{n-i} \right\} \\
& + m_{n-i}(k_{n-i}^2 - l_{n-i} a_{n-i}) \ddot{\theta}_{n-i} \\
& + a_{n-i} \sum_{k=1}^{i} (l_{n-i+k} m_{n-i+k} + a_{n-i+k} m_{n-i+k+1} + a_{n-i+k} m_{n-i+k+2} + \ldots + a_{n-i+k} m_n) \\
& \quad \times [\ddot{\theta}_{n-i+k} \cos(\theta_{n-i} - \theta_{n-i+k}) + \dot{\theta}_{n-i+k}^2 \sin(\theta_{n-i} - \theta_{n-i+k})] = 0 \\
& \qquad\qquad (i = 0, 1, 2, \ldots, n-1).
\end{aligned}
\right.
$$

3. Nous renonçons à reproduire ici certaines généralisations de ces schémas concernant le choix des axes $O_i z_i$ de directions arbitraires dans l'espace ou la considération de systèmes articulés plus compliqués, en nous bornant à souligner l'intérêt que présente du point de vue mécanique, technique et même analytique et algébrique le système d'équations différentielles linéaires dit des petites oscillations, $(\theta_i \leqslant 1)$, que constitue la première approximation du système (1)

$$
(2) \quad \left\{
\begin{aligned}
& (l_{n-i} m_{n-i} + a_{n-i} m_{n-i+1} + a_{n-i} m_{n-i+2} + \ldots + a_{n-i} m_n) \\
& \quad \times \left[\sum_{j=1}^{n-i} (a_j \ddot{\theta}_j + g \theta_{n-i}) \right] + m_{n-i}(k_{n-i}^2 - l_{n-i} a_{n-i}) \ddot{\theta}_{n-i} \\
& + a_{n-i} \sum_{k=1}^{i} (l_{n-i+k} m_{n-i+k} + a_{n-i+k} m_{n-i+k+1} + a_{n-i+k} m_{n-i+k+2} + \ldots + a_{n-i} m_n) \ddot{\theta}_{n-i+k} = 0 \\
& \qquad\qquad (i = 0, 1, 2, \ldots, n-1).
\end{aligned}
\right.
$$

4. Nous nous proposons de développer dans un autre Recueil tous les développements algorithmiques concernant les systèmes (1) et (2) et d'en déduire des conséquences mécaniques du phénomène quantitatif correspondant en particulier à la considération du schéma qui se déduit du système (2) pour $n = 3$, soit

$$
(3) \quad \left\{
\begin{aligned}
& (a_1^2 m_2 + a_1^2 m_3 + m_1 k_1^2) \ddot{\theta}_1 + a_1 (l_2 m_2 + a_2 m_3) \ddot{\theta}_2 + a_1 l_3 m_3 \ddot{\theta}_3 + (l_1 m_1 + a_1 m_2 + a_1 m_3) g \theta_1 = 0, \\
& \quad + a_1 (l_2 m_2 + a_2 m_3) \ddot{\theta}_1 + (a_2^2 m_3 + m_2 k_2^2) \ddot{\theta}_2 + a_2 l_3 m_3 \ddot{\theta}_3 + (l_2 m_2 + a_2 m_3) g \theta_2 = 0, \\
& \qquad a_1 l_3 \ddot{\theta}_1 + a_2 l_3 \ddot{\theta}_2 + k_3^2 \ddot{\theta}_3 + l_3 g \theta_3 = 0.
\end{aligned}
\right.
$$

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les écoulements à la Poiseuille.* Note (¹) de M. **Oleg Yadoff**, présentée par M. Henri Villat.

On sait (²) qu'on peut ramener à un problème ordinaire de Dirichlet dans le plan, la recherche des répartitions des vitesses des écoulements permanents à la Poiseuille; dans la section D d'une conduite horizontale, limitée par le contour fermé simple C, la vitesse $u = u(x, y)$ est égale à l'intégrale régulière de l'équation de Poisson

$$(1) \qquad \Delta u = \frac{a}{\mu}$$

(où $a = P_e - P_o/e$; μ, le coefficient de viscosité du liquide) se réduisant à zéro sur le contour C. L'objet de cette Note est de déduire de cette remarque l'expression explicite de u dans le cas où C est un rectangle ou un triangle équilatéral. Nous respectons les notations de la Note précitée, sauf que nous écrivons x et y à la place de y et z.

1. *Cas du rectangle.* — Le domaine D sera défini par les inégalités $-d \leqq x \leqq d$; $-\delta \leqq y \leqq \delta$; $d > 0$; et $\delta > 0$; on pose : $u = -(a/4\mu)\,U$, en sorte que $\Delta U = -4$. Le changement de fonction inconnu $V = V - (x^2 + y^2)$ ramène le problème à la détermination de V harmonique dans D, prenant sur C les mêmes valeurs que $(x^2 + y^2)$. Les formules résolutives du problème de Dirichlet dans le cas du rectangle permettent de représenter V sous forme de développement convergent. Pour simplifier les écritures, nous supposerons que C est un carré de côté $2d$, et nous nous bornerons à construire la courbe T d'équation $V = V(x, 0)$, que les récentes mesures (encore inédites) de M. Ch. Camichel permettent, par ailleurs, de construire point par point. Les équations paramétriques de T s'écrivent

$$(\text{II}) \qquad V(x, 0) = \frac{d^2}{\pi b^2}\left[\pi b^2 + 0{,}483 + 2\sum_{1}^{\infty}(-1)^n \frac{\xi^{4n}}{n} I_n\right];$$

$$x = \frac{d}{b} f(\xi) \qquad \text{avec } f(\xi) = \int_0^{\xi} \frac{d\xi}{\sqrt{1+\xi^4}} \qquad \text{et} \qquad b = f(1) = 0{,}929,$$

où ξ est le paramètre réel variant de -1 à $+1$ et où nous avons posé

$$I_n = \sum_{p=0}^{p=n-1} U_n(p) \qquad \text{avec } U_n(p) = \frac{1}{2(n-p)-1}\,\frac{(4n-3)\ldots[4(n-p)+1]}{(4n-1)\ldots[4(n-p)-1]}.$$

On remarquera que la série (II) est très rapidement convergente *dès que* $|\xi|$

(¹) Séance du 17 juillet 1946.

(²) Voir notamment J. Kravtchenko, *Comptes rendus*, 220, 1945, pp. 647-648.

n'est pas voisin de 1. *Si l'on se borne à deux décimales exactes* (degré de précision atteint par les mesures de M. Camichel), on peut négliger dans (II) les termes en ξ^{4n}, $n > 1$ dès que $|\xi| \leqq 0,700$. Voici une table des valeurs de $f(\xi)$ avec trois décimales exactes :

$f(0) = 0$; $f(0,1) = 0,1$; $f(0,2) = 0,2$; $f(0,3) = 0,3$;
$f(0,4) = 0,4$; $f(0,5) = 0,5$; $f(0,6) = 0,592$; $f(0,7) = 0,685$;
$f(0,8) = 0,773$; $f(0,9) = 0,857$; $f(1) = 0,929$.

D'autre données numériques feront l'objet d'une publication ultérieure.

J. Boussinesq ([3]) avait déjà écrit l'équation $\Delta v = a/\mu$, sans songer à utiliser la réduction du problème aux limites ainsi obtenues à celui de Dirichlet. Aussi, les développements en série obtenus par Boussinesq pour représenter u se prêtent mal aux applications numériques.

2. *Cas du triangle.* — Le résultat précédent montre le degré de complication des formules résolutives dans les cas les plus simples. Il y a donc intérêt à chercher les polygones C auxquels correspondent des répartitions v s'exprimant sous forme de polynomes en x et y, d'un calcul moins pénible. Malheureusement ici les résultats sont surtout négatifs. Le cas du triangle équilatéral mis à part, u ne se présente pas sous la forme de polynome de degré égal au nombre n des côtés de C si $n=3$, $n=4$, $n=5$. Si C est un triangle équilatéral de côté $2d$ on trouve

$$U = -\frac{1}{4\sqrt{3}}\frac{a}{d\mu}y[(y-\sqrt{3}d)^2 - 3x^2],$$

à supposer que les côtés de C aient pour équations $y=0$, $x\sqrt{3}+y-d\sqrt{3}=0$, $x\sqrt{3}-y+d\sqrt{3}=0$. Il en résulte qu'en chaque point M de D, u est proportionnel au produit des distances de M aux côtés de C.

Le débit correspondant du liquide à travers D prend alors la forme

$$-\frac{a\sqrt{3}\,d^4}{20\mu}.$$

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur deux cas particuliers du problème des trois corps.* Note ([1]) de M. **David Belorizky**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Il y a très peu de cas où l'intégration du problème des trois corps peut être effectuée complètement, même avec des hypothèses simplificatrices. Nous envi-

([3]) *Journ. Math.*, 2e série, **13**, 1868, pp. 389-394; voir aussi Th. Pöschl (*Zeits, J. a Math. und Physik.*, I, 1921, p. 312), où le cas du triangle est aussi abordé.

([1]) Séance du 24 juin 1946.

sageons ici deux cas particuliers au voisinage des positions de stabilité et ne se réduisant pas au cas trivial des petites oscillations.

1. Soient deux corps de masse m décrivant des paraboles autour de leur centre de gravité, pris comme origine. Soit ox le grand axe commun. Si p est le paramètre, on aura les intégrales (f, constante de gravitation $= 1$)

$$r = \frac{p}{2}\left(1 + \operatorname{tang}^2\frac{w}{2}\right), \qquad t - t_0 = a\left(\operatorname{tang}\frac{w}{2} + \frac{1}{3}\operatorname{tang}^3\frac{w}{2}\right),$$

où r est le rayon vecteur, w l'anomalie vraie et $a = p^{\frac{3}{2}} m^{-\frac{1}{2}}$

A l'instant $t_1 > t_0$, que nous préciserons plus loin, on place un corps M de masse négligeable sur oz, la vitesse initiale étant dirigée suivant cet axe. Par raison de symétrie M restera toujours sur cet axe et l'on aura

$$\frac{d^2 z}{dt^2} = -2mz(r^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}}. \tag{1}$$

Supposons que z/r soit une quantité très petite, dont on peut négliger le cube, alors (1) s'écrira

$$\frac{d^2 z}{dt^2} = -\frac{2mz}{r^3}.$$

En posant $\operatorname{tang}(w/2) = u$ et en prenant, au lieu de t, u comme nouvelle variable, on aura

$$\frac{d^2 z}{du^2}(1 + u^2) - 2u\frac{dz}{du} + 16z = 0. \tag{2}$$

Par la théorie de Fuchs, on trouve pour $u \geqq 1$,

$$z = c_1 u^{-2\alpha} F\left(\alpha, \alpha + \frac{1}{2}; 2\alpha + \frac{5}{2}; -\frac{1}{u^2}\right) + c_2 u^{-2\beta} F\left(\beta, \beta + \frac{1}{2}; 2\beta + \frac{5}{2}; -\frac{1}{u^2}\right).$$

F étant la série hypergéométrique,

$$\alpha = -\frac{3}{4} + \frac{\sqrt{55}\,i}{4}, \qquad \beta = -\frac{3}{4} - \frac{\sqrt{55}\,i}{4} \qquad (i = \sqrt{-1}),$$

c_1 et c_2 des constantes arbitraires.

Cette intégrale, après réductions, se présente sous la forme

$$z = c'_1 u^{\frac{3}{2}} \left\{ \cos\left(\frac{\sqrt{55}}{2}\log u - c'_2\right)\left[1 + \frac{a_1}{u^2} + \ldots + \frac{a_n}{u^{2n}} + \ldots\right] + \sin\left(\frac{\sqrt{55}}{2}\log u - c'_2\right)\left[\frac{b_1}{u^2} + \ldots + \frac{b_n}{u^{2n}} + \ldots\right]\right\}, \tag{3}$$

où

$$a_n + b_n i = (-1)^n \frac{\alpha(\alpha+1)\ldots(\alpha+n-1)}{n!} \frac{\left(\alpha+\frac{1}{2}\right)\left(\alpha+\frac{3}{2}\right)\ldots\left(\alpha+n-\frac{1}{2}\right)}{\left(2\alpha+\frac{5}{2}\right)\left(2\alpha+\frac{7}{2}\right)\ldots\left(2\alpha+n+\frac{3}{2}\right)},$$

a_n et b_n étant réels.

Cette solution est valable tant que $|z/r| < \delta$, δ étant une petite quantité et δ^3 étant négligeable. Soit N la borne supérieure de la grande parenthèse de (3) pour $u \geqq u_1 \geqq 1$ [ainsi $t_1 \geqq t_0 + (4/3)a$], on a alors $z/r < 2c'_1 N/pu^{1/2}$. Si l'on prend $c'_1 < p\delta/2N$, on aura toujours, pour $u \geqq u_1$, $z/r < \delta u^{-1/2}$. Quand $u \to \infty$, $z/r \to 0$. Dans ces conditions (3) est légitime.

Pour $u \to \infty$, $t \to \infty$ et l'intégrale (3) tend vers

$$z = c_1 t^{\frac{1}{2}} \cos\left(\frac{\sqrt{55}}{6} \log t - c_2\right).$$

Le corps M tend à osciller avec une amplitude de plus en plus grande.

2. Si, au lieu des deux paraboles, on prend deux hyperboles, on ne peut donner l'expression du terme général de l'intégrale, ni le domaine exact de convergence. L'intégration ne peut être effectuée complètement. Pour $t \to \infty$, z/r tend vers une limite finie, d'ailleurs arbitraire.

3. Considérons maintenant un cas plus simple. Deux corps de masse m se meuvent suivant une ligne droite que nous prendrons pour axe Ox, le mouvement étant parabolique. Le mouvement des deux corps par rapport au centre de gravité est donné par $r = at^{2/3}$, $a = (9m/8)^{1/3}$ et r étant la distance.

A l'instant $t_1 > 0$, on place un corps de masse négligeable au voisinage de O, dans le plan zy, la vitesse initiale étant contenue dans ce plan. En supposant, comme précédemment, que z/r et y/r sont de petites quantités, dont on néglige les troisièmes puissances, on a comme équations du mouvement

$$t^2 \frac{d^2 y}{dt^2} = -\frac{2m}{a^3} y; \qquad t^2 \frac{d^2 z}{dt^2} = -\frac{2m}{a^3} z.$$

L'intégrale générale de ces équations est

$$y = c_1 t^{\frac{1}{2}} \cos\left(\frac{\sqrt{55}}{6} \log t + b_1\right), \qquad z = c_2 t^{\frac{1}{2}} \cos\left(\frac{\sqrt{55}}{6} \log t + b_2\right).$$

c_1, c_2, b_1, b_2 étant des constantes arbitraires.

Sous certaines conditions la trajectoire est une spirale logarithmique

$$\rho = c' e^{\frac{\varphi - \varphi_0}{8}}.$$

4. Si le mouvement des deux corps est hyperbolique, l'intégration ne peut être effectuée jusqu'au bout, de même que dans le cas des deux hyperboles du paragraphe 2.

ASTROPHYSIQUE. — *Le spectre continu de Nova T Coronæ Borealis en* 1946. Note [1] de Mlle **Marie Bloch**, MM. **Charles Fehrenbach** et **Tcheng Mao-Lin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les spectrogrammes obtenus à l'Observatoire de Haute Provence permettent de déterminer approximativement la température de couleur de Nova T Coronæ Borealis. Toutes nos plaques comportent en effet un étalonnage photométrique et, sur chacune d'elles, nous avons photographié, à côté du spectre de la Nova, celui de α ou γ Coronæ Borealis, ou encore celui d'un écran fluorescent de Servigne (éclairé par une lampe à vapeur de mercure) dont la courbe de distribution spectrale a été comparée à celles des deux dernières étoiles.

Les mesures ont actuellement été faites sur les clichés pris peu après le maximum de la Nova. Le spectre continu a été tracé en essayant de faire abstraction des raies d'émission et d'absorption. La présence de ces raies et l'emploi d'un spectrographe à fente entraînent forcément une certaine imprécision dans la détermination de la température.

Les spectres pris avec le spectrographe à un prisme de flint monté sur le télescope de 120^{cm} d'ouverture ont été mesurés entre 4000 et 6500 Å. Dans cette région, la répartition spectrale du fond continu peut assez bien être représentée par celle d'un corps noir dont nous avons déterminé la température. Les réductions ont été faites suivant la méthode classique [2].

On nomme gradient φ d'un corps noir à la température T l'expression

$$\varphi = \frac{C_2}{T} \log e.$$

Nous avons déterminé directement les différences de gradient $\varphi_N - \varphi_\alpha$ entre Nova Coronæ Borealis et α Coronæ Borealis. Pour cela, nous avons représenté $\log(I_N/I_\alpha)$ en fonction de $1/\lambda$ (I_N et I_α sont les intensités spectrales relatives aux deux étoiles). Nous obtenons ainsi une droite dont la pente est $\varphi_N - \varphi_\alpha$.

Le tableau suivant indique la valeur φ_N pour T Coronæ Borealis obtenue en prenant pour φ_α la valeur 1,07 déterminée par Barbier et Chalonge [1] entre 4500 et 3600 Å.

---

(1) Séance du 17 juillet 1946.
(2) *Annales d'Astrophysique*, 7, 1944, p. 80.

	φ_N.	T°K.
12 février 1946................	1,72	8300
13 »	1,91	7500
14 »	2,21	6500
15 »	2,25	6400
16 »	2,26	6300

Les gradients précédents ont été déterminés dans tout l'intervalle 4000-6500 Å. Toutefois les mesures se groupent mieux autour de deux droites pratiquement parallèles séparées par une petite discontinuité vers 4700 Å. L'intensité augmente d'environ 30 % lorsqu'on passe, à 4700 Å, des grandes longueurs d'onde aux petites. Cet effet est peut-être dû à l'existence des raies d'émission plus nombreuses dans la région des petites longueurs d'onde. Les températures de couleur données par les deux droites sont systématiquement inférieures à celles du tableau; elles varient de 6500 à 5000° pendant cette période.

En tous cas, on constate, du 12 au 16 février, une diminution importante de la température de couleur. Le refroidissement d'un corps noir de 8300 à 6300° correspond à une diminution d'éclat de 1,1 magnitude (pour 5300 Å), ce qui est de l'ordre de grandeur des variations observées.

Les clichés obtenus avec le spectrographe à quatre prismes d'uviol monté sur le télescope de 80cm d'ouverture confirment les températures précédentes (intervalle 3800 à 4400 Å) :

	φ_N.	T°K.
14 février 1946................	2,31	6200
15 »	2,70	5300

Ces mêmes clichés montrent une très forte discontinuité de Balmer : D = — 0,8. Le fond continu est donc 6 fois plus intense au delà de la limite de la série de Balmer qu'en deçà. Il ne semble pas qu'on ait observé ce phénomène dans d'autres novæ, mais il est bien connu dans certaines étoiles à raies brillantes. Toutefois la plus forte émission du spectre continu de l'hydrogène observée jusqu'ici correspondait seulement à D = — 0,3 [γ Cassiopeæ, à son maximum d'émission, d'après Barbier et Chalonge ([3])].

La température de couleur au delà de la limite de la série de Balmer est voisine de 6000°, le 15 février.

Un cliché pris le 16 juin, après que l'éclat de l'étoile a de nouveau augmenté, donne entre 4000 et 6500 Å une répartition spectrale du fond continu bien représentée par celle d'un corps noir à 4700° K. La discontinuité signalée plus haut, vers 4700 Å, n'existe plus.

([3]) *Annales d'Astrophysique*, 4, 1941, p. 30.

MAGNÉTISME. — *Une nouvelle théorie générale du champ coercitif.* Note [1] de M. **Louis Néel**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons montré [2] que la théorie classique du champ coercitif, basée sur les variations locales de la tension superficielle de paroi, ne pouvait donner que des valeurs bien inférieures aux valeurs expérimentales. Il semble qu'on puisse trouver un autre mécanisme, plus satisfaisant, donnant l'ordre de grandeur convenable, dans la voie suivante.

Soit d'abord un domaine élémentaire à l'intérieur d'un cristal idéal, non perturbé : l'aimantation y est uniforme. Imaginons maintenant qu'à l'intérieur de ce même domaine existent des inégalités de tension : elles auront en particulier pour effet de *dévier* localement l'aimantation spontanée de sa direction primitive, d'une façon différente d'un point à l'autre. L'aimantation spontanée ne reste plus uniforme. En l'absence d'interactions magnétiques, l'aimantation $\vec{\mathfrak{J}}$ en chaque point s'orienterait suivant la direction correspondant à l'énergie magnétoélastique minimum, mais, comme la divergence du vecteur aimantation n'est pas nulle, des champs magnétiques internes dont la création demande de l'énergie apparaissent. On peut considérer ces champs comme créés par une densité cubique ρ de magnétisme, donnée par $\rho = -\operatorname{div}\vec{\mathfrak{J}}$. Un état d'équilibre s'établit alors caractérisé par une certaine valeur de ρ en chaque point : naturellement la valeur normale moyenne de ρ est nulle et l'aimantation conserve la même direction moyenne que dans la substance non perturbée.

Un phénomène du même genre se produit si l'aimantation spontanée varie, non plus en direction, mais en grandeur d'un point à l'autre : comme cela pourra être produit par la présence de cavités, ou d'inclusions non magnétiques ou moins magnétiques que la phase principale, ou encore comme dans une solution solide non homogène. Là aussi, ρ variera irrégulièrement d'un point à l'autre.

Si l'on retourne bout pour bout l'aimantation moyenne $\mathfrak{J}_s$ du domaine, ρ conserve en chaque point la même valeur absolue, mais change de signe. Supposons alors qu'une paroi, séparant deux phases aimantées antiparallèlement, traverse le domaine. Avant le passage de la paroi, ρ est, par exemple, positif dans une certaine région R. Si la paroi coupe R en deux, nous aurons, dans une moitié ρ positif, dans l'autre ρ négatif. Des charges de signe contraire vont se trouver rapprochées, l'énergie libre va diminuer. Nous sommes donc

---

[1] Séance du 8 juillet 1946.

[2] *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 141.

en présence d'un mécanisme susceptible de faire varier l'énergie libre du système en fonction de la position de la paroi, indépendamment de toute énergie superficielle de paroi. Il s'agit d'un effet de volume et non de surface.

Nous avons traité ce problème par des méthodes analogues à celles qui ont été exposées antérieurement ([2]) ([3]) et nous avons obtenu les résultats suivants, après des calculs pénibles qui seront développés dans un autre Recueil.

1° Soit, par exemple, une substance cubique dans laquelle une fraction v du volume est perturbée par des *tensions internes* σ_i, d'orientation variable. Posons $C=(3/2)\lambda\sigma_i$ (λ, magnétostriction à saturation). On obtient, suivant les valeurs de C, par rapport à la constante K caractérisant l'énergie magnétocristalline, les formules approximatives suivantes donnant le champ coercitif H_c

$$(1)\qquad H_c=\frac{4vC^2}{15\pi K\mathcal{J}_s}\left(1,386+\frac{1}{2}\log\frac{2\pi\mathcal{J}_s^2}{K}\right)\qquad (C\ll K),$$

$$(2)\qquad H_c=\frac{0,69vC}{\mathcal{J}_s}\left(1,386+\frac{1}{2}\log\frac{6,8\mathcal{J}_s^2}{C}\right)\qquad (C\gg K).$$

2° Soit une substance cubique, magnétique, dans laquelle une fraction v' du volume est occupée par des *inclusions* non magnétiques. Une valeur approximative du champ coercitif H'_c est donnée par

$$(3)\qquad H'_c=\frac{2Kv'}{\pi\mathcal{J}_s}\left(0,386+\frac{1}{2}\log\frac{2\pi\mathcal{J}_s^2}{K}\right).$$

Dans ces deux cas, on a supposé essentiellement que l'échelle des perturbations était petite devant les dimensions des domaines élémentaires, tout en restant plus grande que l'épaisseur du paroi.

L'ordre de grandeur des champs coercitifs fournis par les formules (1), (2) et (3) est bien celui des valeurs expérimentales. Dans le nickel et les alliages voisins, c'est l'effet des tensions qui est prépondérant tandis que, pour le fer et les alliages voisins, c'est l'effet des cavités qui l'emporte. En particulier, la formule (3) convient particulièrement bien pour interpréter toute une série de résultats expérimentaux rassemblés par Kersten ([4]); elle est bien supérieure à une autre formule, un peu différente, obtenue par l'auteur ([5]), après une théorie beaucoup plus grossière de l'influence des cavités sur le champ coercitif.

([3]) *Comptes rendus*, 220, 1945, pp. 738 et 814.

([4]) *Grundlagen einer Theorie der ferromagnetischen Hysterese und der Koerzitivkraft*, Leipzig, 1943.

([5]) *Cahiers de Physique*, 25, 1944, p. 21.

ÉLECTROCHIMIE. — *Conductibilité de l'ammoniac en solution dans les alcools absolus.* Note [1] de M. **Léon Olmer** et M[lle] **Suzanne Hatem**, présentée par M. Paul Pascal.

M[lle] G. Gallin a montré que la solution aqueuse d'ammoniac présente des anomalies dans sa conductibilité électrique [2]; nous avons cherché s'il n'y avait pas de phénomènes analogues dans les solutions étendues d'ammoniac dans les alcools absolus.

Nous avons mesuré la conductibilité χ dans l'éthanol, de $-10°$ à $+40°$, avec des teneurs en ammoniac de 2 mol. à 0,1 mol. au litre. Les courbes sont très régulières à chaque température, et la conductivité croît avec la teneur en ammoniac. A l'aide de ces résultats, nous avons calculé la conductivité moléculaire $\Lambda = \chi/n$, en nombre de molécules au centimètre cube. Nous avons obtenu la famille de courbes de la figure 1. La conductivité moléculaire présente

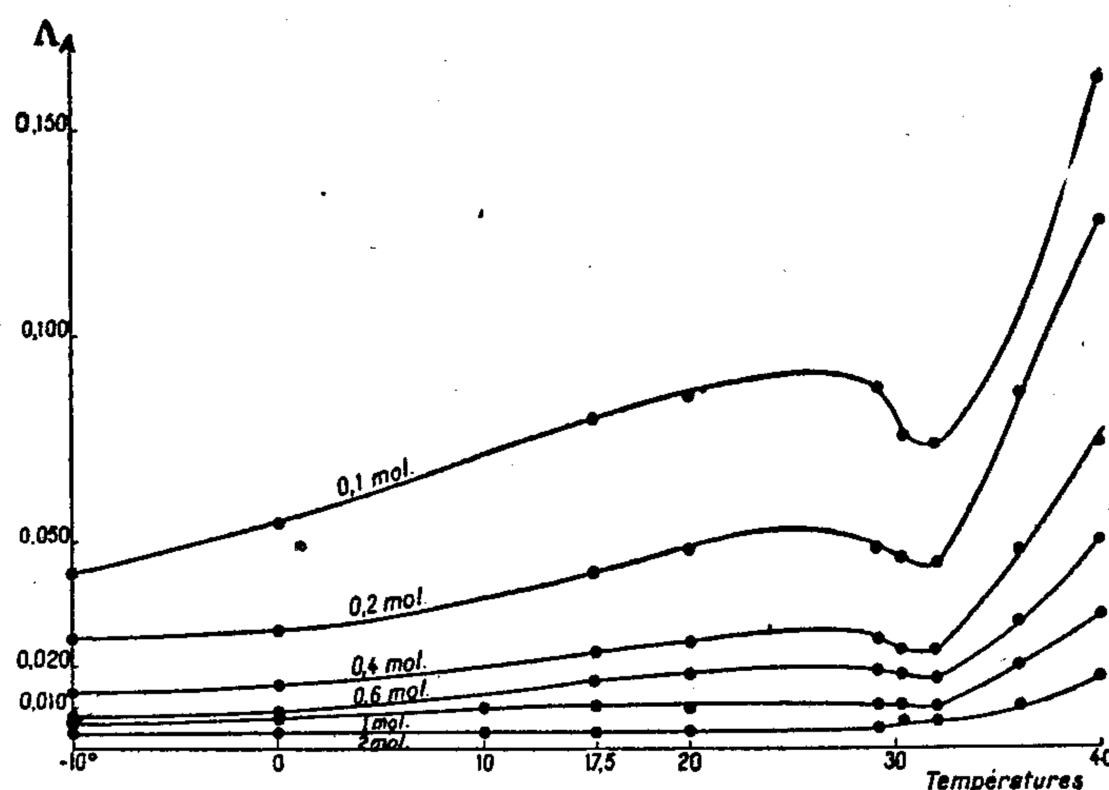


Fig. 1. — Variation de la conductivité moléculaire avec la température. (Concentrations en molécules au litre.) Alcool éthylique.

vers 32° un minimum, d'autant plus accentué que la concentration est plus faible.

Nous avons repris la question avec le méthanol absolu, de 0° à 40°, et nous avons pu pousser les dilutions jusqu'à 0,02 mol. au litre, et nous avons calculé les conductivités moléculaires Λ.

La famille de courbes obtenues ne peut plus être représentée à la même échelle, car aux faibles concentrations, les courbes s'éloignent trop les unes des autres. En prenant des ordonnées 10 fois plus faibles, les courbes présentent

(1) Séance du 8 juillet 1946.

(2) *Thèse de Doctorat*, Paris, 12 juin 1944.

entre 0° et 40° deux minima, d'autant plus accentués que les concentrations sont plus faibles, l'un entre 32° et 36°, l'autre vers 15°. Ces minima se déplacent légèrement vers les températures croissantes quand la concentration

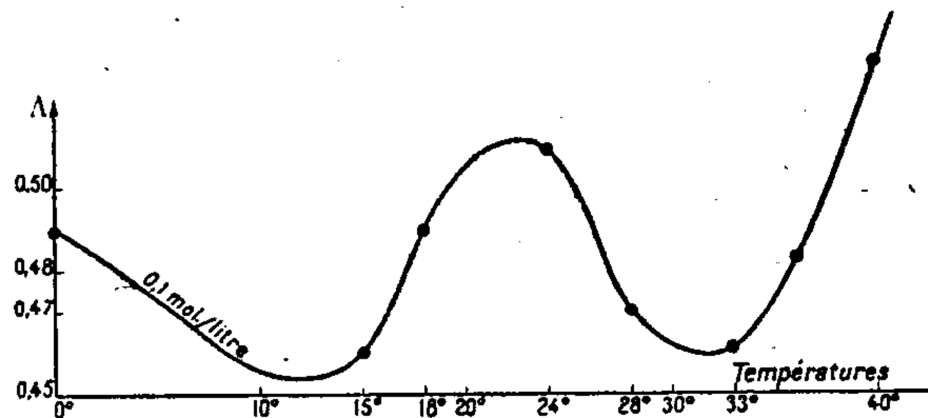


Fig. 2.

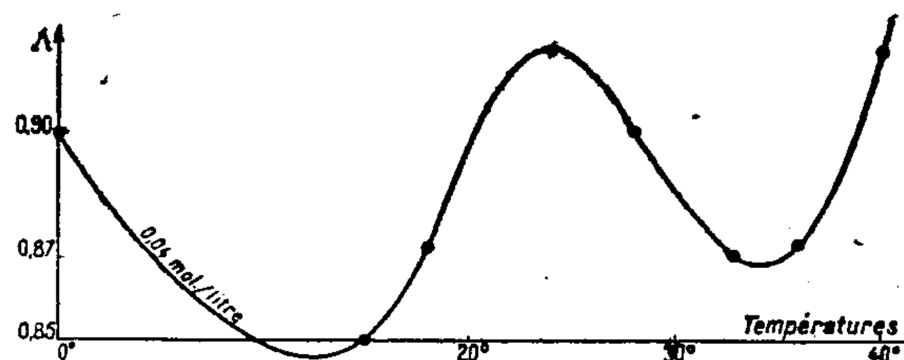


Fig. 3.

Fig. 2 et 3. — Variations de la conductivité moléculaire avec la température. Alcool méthylique.

diminue. Les figures 2, 3 et 4 donnent les courbes de 0,1; 0,04 et 0,02 mol. au litre à la même échelle que la figure 1.

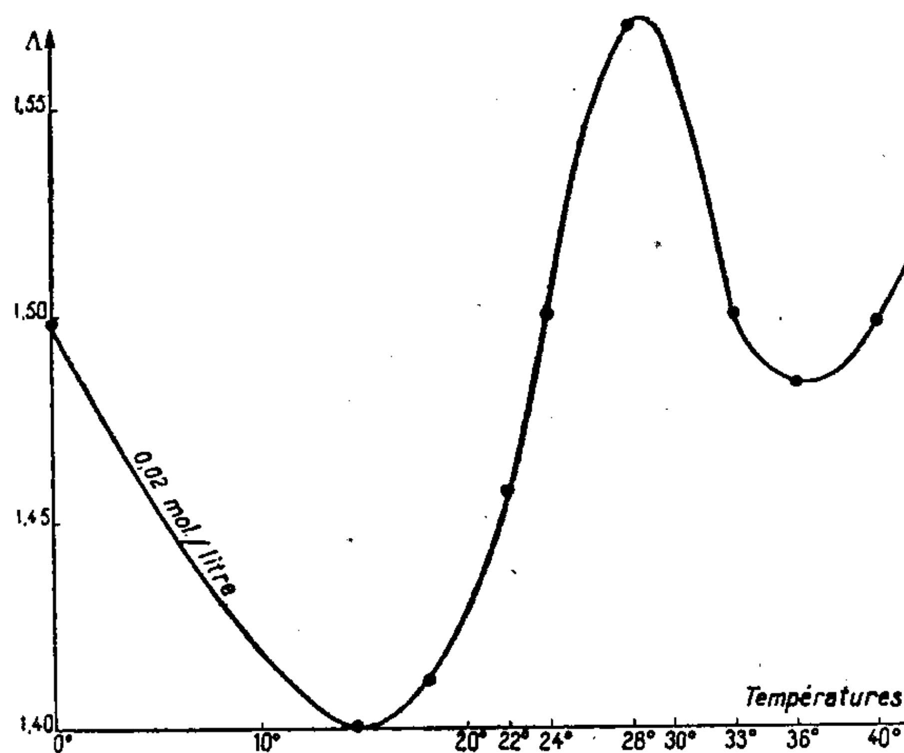


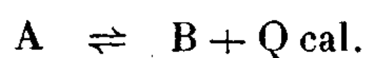
Fig. 4. — Variations de la conductivité moléculaire avec la température. Alcool méthylique.

Nous nous proposons d'étudier les solutions dans d'autres alcools et de donner un essai d'explication de ces anomalies.

EFFET RAMAN. — *Mesures de certaines chaleurs de réaction par spectrographie Raman quantitative.* Note de M. **Philippe Traynard**, présentée par M. Jean Cabannes.

La spectrographie Raman quantitative permet de comparer la richesse relative de deux mélanges en un constituant déterminé à condition, bien entendu, que ce constituant possède une raie au moins qui permette de le distinguer de l'ensemble.

Supposons que nous ayons, à l'intérieur d'un liquide, un équilibre entre deux formes moléculaires tautomères



$$A \rightleftharpoons B + Q\,\text{cal}.$$

une variation de température déplacera l'équilibre et l'on verra augmenter ou diminuer telle raie caractéristique de l'un des constituants. On pourra calculer, connaissant la proportion a de l'un des constituants, A par exemple, à une température donnée, la proportion à une autre température et le coefficient de température da/dt correspondant.

La formule $(d/dt)\,\text{Log}\,k = -\,JQ/RT^2$ donnera la chaleur de réaction Q.

J'ai appliqué cette méthode à l'étude de l'équilibre cétoénolique de l'acétylacétate d'éthyle, en examinant le comportement des deux raies 1625 et 1715 qui trahissent la présence de la double liaison et de la fonction cétone.

Le dosage de la fonction énol au brome suivant Ness et Mac Elvain ([1]) ne peut se faire qu'à basse température car le brome est un catalyseur de l'équilibre. Un dosage spectrographique à 115° permet d'avoir la quantité de molécules énol présentes à cette température.

Température	15°	115°
Molécules d'énol présentes	7	3

En supposant la réaction monomoléculaire :

$$\frac{d}{dt}\log k = \frac{-100}{(100-a)a}\,\frac{da}{dt},$$

l'application de la formule précédente donnera $Q = 1880$ cal/mol.

Une autre application de cette méthode peut se faire dans l'étude de l'acide acétique et de ses solutions aqueuses où, comme je l'ai montré ([2]) :

la raie 1660	caractérise la molécule	dimère ;
1737	»	monomère ;
1712	»	associée à l'eau.

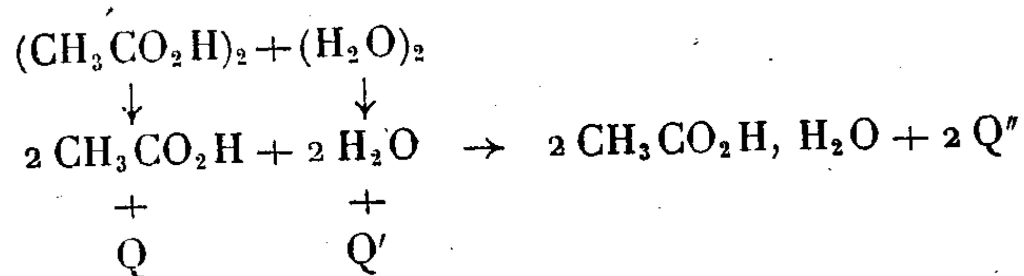
([1]) *J. Am. Chem. Soc.*, 1938, p. 2213.

([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 1946, (sous presse).

Les spectres de l'acide pur, faits à deux températures différentes, permettent de suivre la dépolymérisation de la molécule et de calculer sa chaleur de polymérisation $Q = 11\,550$ cal/mol.

Le spectre de l'acide contenant 5 % d'eau montre que la température est sans action sur l'équilibre, ce qui explique la faible chaleur de dilution observée.

L'explication peut se trouver dans le schéma réactionnel suivant :



$$\begin{array}{ccc} (CH_3CO_2H)_2 & + & (H_2O)_2 \\ \downarrow & & \downarrow \\ 2\,CH_3CO_2H & + & 2\,H_2O \quad \rightarrow \quad 2\,CH_3CO_2H,\ H_2O + 2\,Q'' \\ + & & + \\ Q & & Q' \end{array}$$

La chaleur de dilution, sensiblement nulle, est égale à la somme de toutes ces chaleurs

$$2\,Q'' + Q + Q' = 0.$$

Q' est égal à 8000 cal. environ, donc

$$Q'' = \frac{11\,550 + 8000}{2} = \frac{19\,550}{2} = 9770.$$

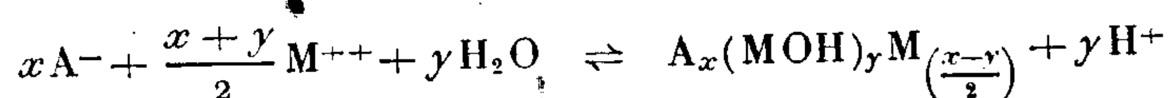
L'association (acide, eau) se faisant par pont hydrogène, la valeur de 9800 cal. est parfaitement acceptable.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur une théorie de l'hydrolyse des sels minéraux.* Note (1) de M. **Henri Guiter**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une Note précédente, nous avons donnée une théorie, contrôlée par l'expérience, de l'hydrolyse des sels minéraux, et applicable particulièrement aux sels d'une base faible.

Nous nous étions limités à l'examen des ions monovalents. La présente Note étend nos résultats aux ions polyvalents.

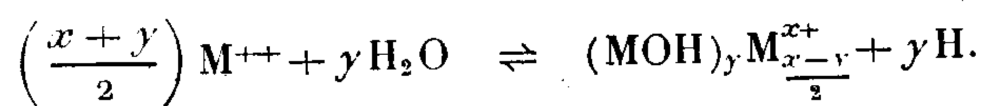
Hydrolyse d'un sel d'anion monovalent et de cation divalent. — La réaction générale devient, avec les notations déjà indiquées,



$$x\mathrm{A}^- + \frac{x+y}{2}\mathrm{M}^{++} + y\,\mathrm{H_2O} \rightleftharpoons \mathrm{A}_x(\mathrm{MOH})_y\mathrm{M}_{\left(\frac{x-y}{2}\right)} + y\,\mathrm{H}^+$$

avec $x \geqq y$

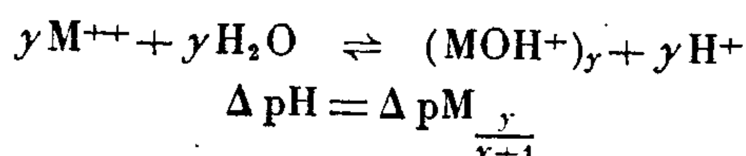
1° Le produit d'hydrolyse est ionisé en x anions A^- et un cation complexe;



$$\left(\frac{x+y}{2}\right)\mathrm{M}^{++} + y\,\mathrm{H_2O} \rightleftharpoons (\mathrm{MOH})_y\mathrm{M}^{x+}_{\frac{x-y}{2}} + y\,\mathrm{H}.$$

(1) Séance du 17 juin 1946.

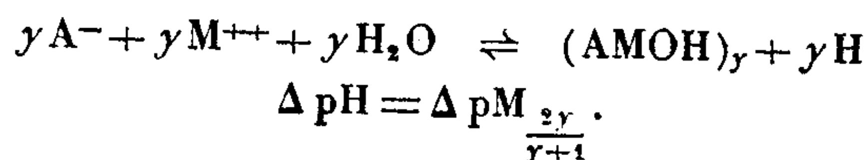
Nous avons toujours observé, dans ce cas, que $x=y$, d'où



$$yM^{++}+yH_2O \rightleftharpoons (MOH^+)_y+yH^+$$
$$\Delta pH=\Delta pM_{\frac{y}{y+1}}$$

$y=1$, $\Delta pH=0,15$; $y=2$, $\Delta pH=0,2$; $y=3$, $\Delta pH=0,225$; etc.

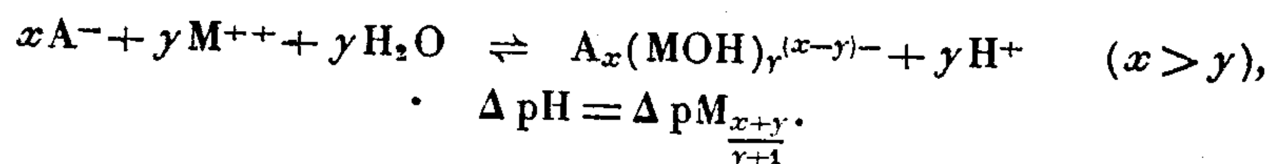
2° Le produit d'hydrolyse n'est pas ionisé. Expérimentalement, nous n'avons encore rencontré que $x=y$, d'où



$$yA^-+yM^{++}+yH_2O \rightleftharpoons (AMOH)_y+yH$$
$$\Delta pH=\Delta pM_{\frac{2y}{y+1}}.$$

Pour $y=1$, $\Delta pH=0,3$; $y=2$, $\Delta pH=0,4$; $y=3$, $\Delta pH=0,45$; etc.

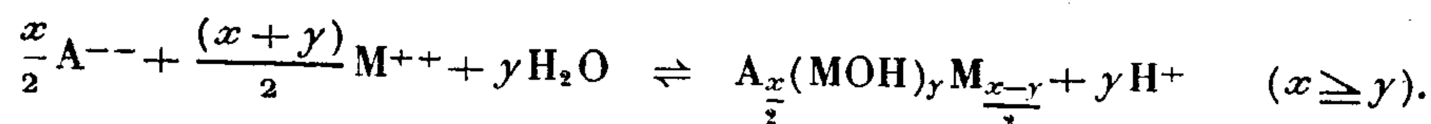
3° Le produit d'hydrolyse est ionisé en $(x-y)/2$ cations M^{++} et un anion complexe



$$xA^-+yM^{++}+yH_2O \rightleftharpoons A_x(MOH)_y{}^{(x-y)-}+yH^+ \qquad (x>y),$$
$$\Delta pH=\Delta pM_{\frac{x+y}{y+1}}.$$

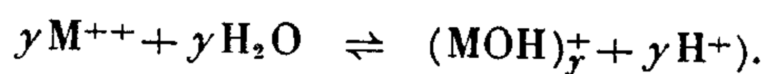
Pour $y=1$, $x=2$, $\Delta pH=0,45$; $y=1$, $x=3$, $\Delta pH=0,6$; $y=1$, $x=4$, $\Delta pH=0,75$, etc.; $y=2$, $x=3$, $\Delta pH=0,5$; $y=2$, $x=4$, $\Delta pH=0,6$, etc.

Hydrolyse d'un sel d'anion divalent et de cation divalent



$$\frac{x}{2}A^{--}+\frac{(x+y)}{2}M^{++}+yH_2O \rightleftharpoons A_{\frac{x}{2}}(MOH)_yM_{\frac{x-y}{2}}+yH^+ \qquad (x\geqq y).$$

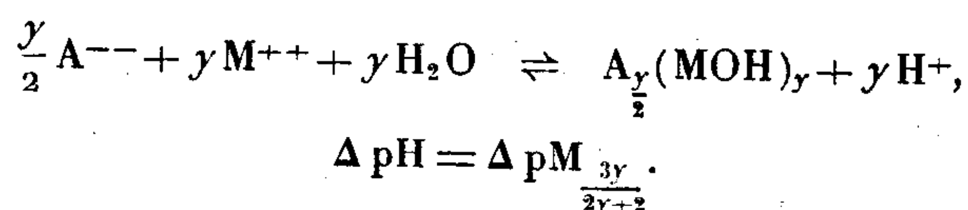
1° Formation d'un complexe $x=y$



$$yM^{++}+yH_2O \rightleftharpoons (MOH)_y^+ + yH^+).$$

Résultats identiques à ceux du paragraphe précédent.

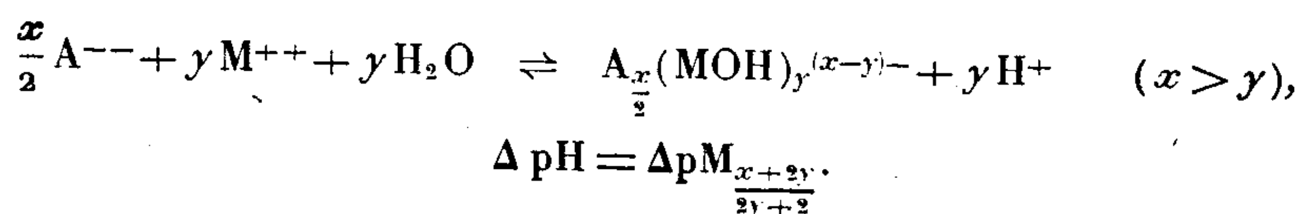
2° Formation d'une molécule neutre $x=y$



$$\frac{y}{2}A^{--}+yM^{++}+yH_2O \rightleftharpoons A_{\frac{y}{2}}(MOH)_y+yH^+,$$
$$\Delta pH=\Delta pM_{\frac{3y}{2y+2}}.$$

Pour $y=2$, $\Delta pH=0,3$; $y=4$, $\Delta pH=0,36$; $y=6$, $\Delta pH=0,38$, etc.

3° Formation d'un anion complexe



$$\frac{x}{2}A^{--}+yM^{++}+yH_2O \rightleftharpoons A_{\frac{x}{2}}(MOH)_y{}^{(x-y)-}+yH^+ \qquad (x>y),$$
$$\Delta pH=\Delta pM_{\frac{x+2y}{2y+2}}.$$

Pour $y=2$, $x=4$, $\Delta pH=0,4$; $y=2$, $x=6$, $\Delta pH=0,5$; $y=2$, $x=8$, $\Delta pH=0,6$, etc.

Pour $y=4$, $x=6$, $\Delta pH=0,42$; $y=4$, $x=8$, $\Delta pH=0,48$, etc.

Cette théorie nous a permis de rendre compte de l'hydrolyse des nitrates d'argent, de plomb mercureux, d'uranyle, de zinc, du chlorure de zinc, du sulfate de zinc, dont les résultats expérimentaux détaillés font l'objet de Mémoires au *Bulletin de la Société Chimique*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouveaux aspects de la réaction de Bouveault et Blanc*. Note de MM. **Paul Anglaret** et **Léon Palfray**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'emploi de sodium en milieu alcoolique permit à Bouveault et Blanc de réaliser la réduction, jusqu'alors réputée à peu près impossible, de la fonction ester en fonction alcool ([1]). Le rendement, initialement médiocre (50 %) fut peu à peu amélioré, d'abord par emploi d'alcools plus lourds, ensuite par utilisation de sodium dispersé dans un milieu inerte ([2]). Ceci permit également de diminuer l'importante dépense en alcool et en sodium. Toutefois, le rendement n'est jamais quantitatif, et il reste toujours inférieur à 80 % si l'alcool est utilisé comme milieu ([3]).

Nous nous proposons de rechercher la cause de ces insuffisances et d'étudier les divers facteurs capables de les influencer.

Analyse des produits de la réaction. — La réaction terminée, si l'on traite le produit à l'eau acidulée, on retrouve presque uniquement, outre l'alcool cherché, une quantité notable de l'acide de l'ester. Diverses expériences nous ont conduit à penser que l'ester non réduit devait se trouver bloqué sous forme d'un composé apte à libérer cet acide par traitement à l'eau.

Analyse expérimentale de la réaction. — En vue de vérifier cette hypothèse, nous avons entrepris une étude systématique de la réaction en ajoutant peu à peu le sodium au mélange alcool-ester avec ou sans addition supplémentaire de corps dits adjuvants tels que CO_2, NH_4Cl, $B(OR)_3$, capables de détruire l'alcoolate développé dans le milieu et ne donnant pas de réaction avec les autres corps présents dans le mélange.

Nous avons exprimé les résultats sous forme de courbes, groupées par familles à l'intérieur desquelles un seul facteur varie, donnant le rendement (ρ %) en fonction de la quantité de sodium ajoutée (Na %). L'acide apparaissant fut porté sur le graphique de la même façon, 100 % d'alcool correspondant à 0 % d'acide, et *vice versa*.

Les courbes obtenues s'écartent de plus en plus de la droite théorique, parfois dès le début, parfois seulement après l'addition d'une certaine quantité de sodium. Elles tendent asymptotiquement vers la courbe représentant l'acide

([1]) *Comptes rendus*, **136**, 1903, p. 1676; **137**, 1903, pp. 60, 328.

([2]) E. I. Du Pont de Nemours et Cie, *Br. Amer.*, **2070597**. B. F. **810983**.

([3]) E. I. Reid., *Organic Syntheses*, **15**, 1935, p. 51; Mitchovitch et Stéphanovitch, *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 386.

apparu. Pour interpréter les résultats, nous devons donc considérer la limite vers laquelle tend le rendement $\rho(\max)$ et la pente de la tangente à la courbe $\rho = f(\text{Na})$. Cette pente $d\rho/d(\text{Na}) = \rho'$ est égale à la limite du rapport quantité théorique de sodium/quantité dépensée pour le point considéré.

ρ' mesure donc le coefficient d'utilisation du sodium.

Résultats de l'analyse expérimentale (Ester employé : oléate de butyle). — *Sans adjuvant,* ρ' est en général bon; $\rho(\max)$ diminue considérablement avec la vitesse d'addition du sodium. Une élévation de température augmente ρ', mais abaisse $\rho(\max)$.

Avec adjuvant, $\rho(\max)$ atteint souvent 97 %. Il est donc de beaucoup supérieur à celui du procédé classique. La vitesse d'addition n'exerce aucune influence tant qu'elle reste inférieure à une certaine valeur. Au-dessus de cette valeur, $\rho(\max)$ est diminué. ρ' a une valeur presque toujours inférieure à sa valeur correspondante dans le procédé classique. Il croît rapidement avec la température (entre 30 et 110°) et avec le poids moléculaire de l'alcool générateur d'hydrogène (alcools étudiés : méthanol, éthanol, propanol, butanol). Il diminue lorsque la concentration de l'adjuvant augmente.

Toutes choses égales d'ailleurs ρ' ne dépend que de la concentration de l'ester C, et non des produits résultant de la réaction, et l'on a $\rho' = aC + b$. Ce résultat permet d'établir l'équation de la famille de courbes obtenues lorsqu'on fait varier la concentration initiale C_i

$$\rho = 100\left(1 + \frac{b}{aC_i}\right)\left[1 - e^{-\frac{aC_i}{100}(\text{Na})}\right];$$

a et b sont deux constantes qui se déterminent facilement par la mesure des rendements obtenus avec deux quantités de sodium dont l'une est le double de l'autre.

Conclusions. — Les résultats montrent que d'une part l'alcoolate exerce une influence néfaste sur $\rho(\max)$, et que d'autre part il agit favorablement sur ρ'. Ils s'expliquent en admettant que : *a.* l'alcoolate réagit sur l'ester pour donner un composé irréductible; *b.* la réaction de réduction a lieu en 3 temps : 1° production de H naissant; 2° activation de l'ester par le sodium; 3° hydrogénation de l'ester activé. On a alors

$$\frac{\text{vitesse d'activation de l'ester}}{\text{vitesse de production de H}} = \frac{\text{quantité théorique de Na}}{\text{quantité dépensée}} = \rho'.$$

Or, toutes choses égales d'ailleurs, on peut considérer en 1re approximation que la vitesse d'activation de l'ester est proportionnelle à sa concentration, tandis que la vitesse de production de H n'en dépend pas. On retrouve ainsi que ρ' doit être proportionnel à la concentration en ester. La présence d'alcoolate ralentit la production de H, donc, n'influençant pas la vitesse d'activation de l'ester, elle augmente ρ'.

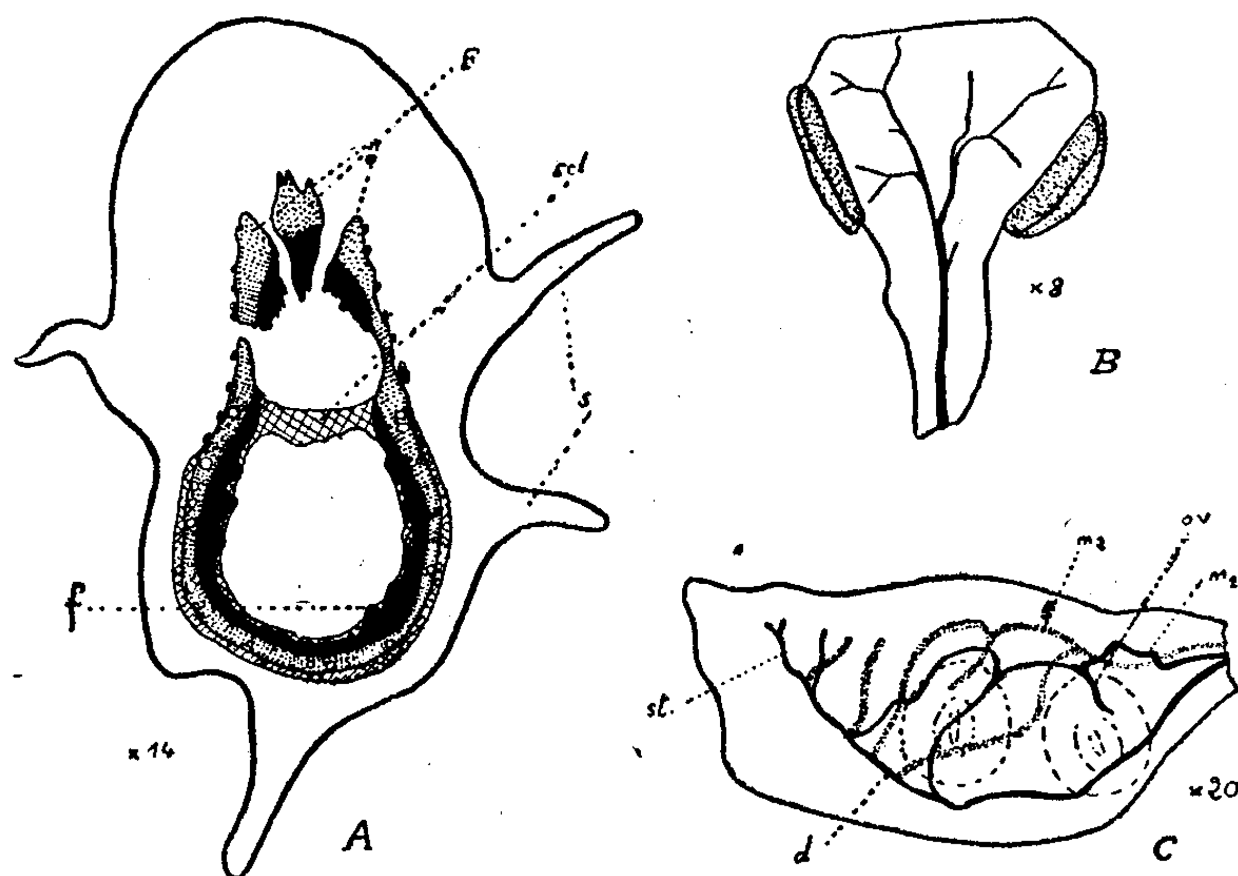
La technique de la réaction sera décrite dans une prochaine Note.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'anatomie libéroligneuse des Schizandracées.* Note (¹) de M. **Paul Ozenda**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'étude de la course des faisceaux dans six espèces de *Schizandra* et de *Kadsura* a donné les résultats suivants :

1° La stèle de la tige est constituée par un cylindre complet, tapissé sur ses faces interne et externe d'une couche de sclérenchyme;

2° Le pétiole présente dans sa partie inférieure et moyenne 3 faisceaux, et 5 à la base du limbe. Au niveau du nœud, les 3 faisceaux pétiolaires sont adjacents (souvent même coalescents) et leur raccord à la stèle de la tige ne donne lieu qu'à la formation d'une seule lacune foliaire, d'ailleurs généralement obturée par une plage de sclérenchyme d'origine périmédullaire, *scl.* Au-dessous du nœud, les 3 faisceaux sont de nouveau reconnaissables individuellement aux proéminences *f* que forme le bois à l'intérieur de la moelle;



A. Tige de *Schizandra Henryi* (coupe transversale au niveau d'un nœud). F, faisceaux de la feuille émergente; *f*, faisceaux des feuilles supérieures; *s*, ailes corticales subéreuses; *scl*, sclérenchyme périmédullaire.

B. Étamine de *Sch. Henryi.* — C, carpelle de *Sch. sphenanthera* (étudié par transparence). Légendes dans le texte.

3° L'anatomie et l'histologie du pédoncule floral sont identiques à celles de la tige, mais les faisceaux sont séparés. Les rapports des pièces périanthaires avec le réceptacle sont les mêmes que ceux de la feuille avec la tige; chaque pièce reçoit trois faisceaux dont les deux externes se bifurquent ensuite, comme dans le pétiole;

(¹) Séance du 17 juillet 1946.

4° Chaque étamine reçoit une trace unifasciculée, qui, chez *Schizandra Henryi*, présente une ramification grossièrement dichotome à l'intérieur d'un connectif volumineux dilaté en massue;

5° Chaque carpelle reçoit trois faisceaux dont le médian suit le bord dorsal (inférieur) de l'organe émettant une dizaine de veinules, dont les unes parcourent l'épaisseur des parois et dont les autres remontent s'anastomoser avec les faisceaux marginaux m_1 et m_2 en un plexus d'où se détachent les faisceaux ovulaires *ov.*; les deux ovules sont contenus dans la moitié basale (adaxiale) du carpelle et enfermés chacun dans une cavité indépendante. La région abaxiale du carpelle est une masse parenchymateuse partiellement pénétrée par l'extrémité ramifiée *st* de la nervure médiane.

Au cours de l'ontogénie de la fleur, la différenciation de l'appareil vasculaire dans le réceptacle précède sa différenciation dans les carpelles, et dans ces derniers la nervure médiane apparaît plus tôt que les nervures marginales.

L'étude des caractères morphologiques des Schizandracées a conduit d'abord les systématiciens à en faire une tribu des Magnoliacées, puis (en raison des différences, histologiques notamment, entre ces deux groupes) une famille distincte, mais dérivée des Magnoliacées. L'étude anatomique résumée ici souligne à la fois les affinités des deux familles et la légitimité de leur séparation. Ainsi le nœud foliaire nous a paru d'un type très uniforme à l'intérieur de chacune des trois familles : Schizandracées, Magnoliacées, Anonacées, mais le nœud des Schizandracées est l'homologue de la partie centrale du nœud des deux autres familles. D'autre part la nervation du carpelle, en particulier les relations des ovules à la fois avec les nervures marginales et avec la nervure médiane, se rapproche de la disposition observée par nous chez les Magnolias ([2]), puis par I. W. Bailey et C. G. Nast chez les Winteracées ([3]), et contribue ainsi à renforcer l'unité de l'ensemble des Magnoliales, tout en apportant peut-être un élément nouveau dans la question si controversée de la valeur morphologique du carpelle. Les Schizandracées paraissent également reliées aux deux genres *Illicium* et *Euptelea* par tout un ensemble de caractères communs (histologie du bois, anatomie du nœud, nombre chromosomique).

R. Lemesle ([4]) a récemment assigné aux Schizandracées une position plus primitive que celle des Magnoliacées, en raison de leur périanthe plus nettement acyclique et surtout de la structure archaïque d'une partie de leurs éléments ligneux. Notre étude confirme l'existence de caractères primitifs chez les Schizandracées : disposition spiralée des insertions vasculaires du périanthe, étamine à connectif dilaté et à nervure très divisée. Mais le raccord foliaire uni-

([2]) *Dipl. étude sup.*, Paris, 1942 (Mémoire polycopié); voir aussi *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 31.

([3]) *Journ. of Arnold Arbor.*, **24**, 1943, pp. 472-481.

([4]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 113.

lacunaire, la trace staminale unifasciculée (alors que nous l'avons toujours trouvée trifasciculée chez les Magnoliacées, sauf le genre *Michelia*), la dioecie des fleurs, le port lianoïde, le nombre des ovules réduit à deux, apparaissent comme des indices d'un degré d'évolution plus poussé que celui des Magnoliacées.

MORPHOLOGIE ANIMALE. — *Le système nerveux caudal des larves d'Amphibiens anoures. Topographie et architecture de soutien de la moelle.* Note de M. **Dimitri Bogoraze**, transmise par M. Paul Wintrebert.

Cl. Sala (1892) et Athias (1897) ont examiné la constitution histologique de la moelle du tronc chez les têtards d'Anoures. Wintrebert (1904) a étudié le comportement physiologique de la moelle caudale; il a montré, par des sections expérimentales, que les centres réflexes de la queue sont rassemblés à sa base, au niveau des 10e, 11e, 12e métamères. Cette singularité physiologique m'a incité à examiner la structure de cette moelle par l'emploi des procédés histologiques courants, et grâce à diverses méthodes d'imprégnation argentique.

La moelle caudale fait suite à la moelle abdominale, volumineuse et quadrangulaire, en s'amenuisant aux dépens de la substance grise, au niveau des 9e, 10e, 11e et 12e métamères, jusqu'à devenir filiforme. Au cours de cet amincissement, la moelle, logée dans un canal rachidien triangulaire, à base chordale, perd sa position dorsale et se place près de la chorde. Sur une coupe transversale, elle apparaît aplatie dorso-ventralement; cet aspect est dû, en grande partie, à ce que les faisceaux nerveux l'abandonnent latéralement. Dans la partie distale, le canal rachidien s'arrondit et la moelle en occupe le centre. Le canal épendymaire, allongé sagittalement dans sa partie abdominale, est arrondi dans sa partie caudale. Deux régions sont à distinguer dans cette moelle caudale : une région basale, qui comprend les 10e, 11e, 12e métamères; une région caudale, en arrière du 12e métamère.

Précisons tout d'abord la structure histologique de l'appareil de soutien. Dans la moelle dorso-abdominale, nous trouvons des cellules épendymaires, dont le corps cellulaire, allongé de dedans en dehors, renferme un noyau volumineux situé à l'un des pôles. Ces cellules sont de trois types : 1° le corps de la cellule touche la cavité épendymaire, par une partie légèrement élargie; 2° le corps de la cellule est à distance de la cavité, mais l'atteint par un pédicule dont le pied étalé constitue un élément de la paroi; 3° le corps de la cellule est à distance de la cavité, sans contact avec elle. Au pôle externe, toutes ces cellules émettent un prolongement qui, après avoir traversé sans se ramifier la substance grise, forme dès sa pénétration dans la substance blanche, une arborescence importante; les rameaux de celle-ci sont revêtus de nombreuses épines et la plupart se terminent au contact de la pie-mère par une sole aplatie. Dans la

région du sillon dorsal, le corps des cellules de soutien, situé à distance de la cavité épendymaire, est relié à celle-ci par un prolongement, tandis qu'à l'autre pôle, un prolongement, non ramifié, s'appuie par une petite sole sur la partie la plus profonde du sillon. Ces cellules épendymaires du sillon dorsal sont serrées en touffe les unes contre les autres.

Dans la partie basale de la moelle caudale, les cellules épendymaires perdent leur arborescence et surtout leurs épines; leur corps cellulaire, allongé, prend part à la limitation du canal épendymaire. Celles qui sont situées dans le plan sagittal, sous l'épendyme, se prolongent par un simple filament rectiligne, tandis que les cellules latérales à l'épendyme ont un filament plus long et sinueux.

Dans la portion caudale, les cellules épendymaires ont l'aspect d'un verre à pied dont le corps évasé, légèrement étranglé à son bord, limite la cavité épendymaire, ou ne l'atteint que par un col élargi en plateau, tandis que le pied s'appuie contre la pie-mère. Le noyau de ces cellules est situé dans la partie du protoplasme la plus éloignée de l'épendyme. Toutes ces cellules et leurs prolongements ont une surface glabre. Elles présentent un cil unique dressé dans la cavité centrale. Du côté périphérique, entre leurs pieds, se glissent les fibres nerveuses qui descendent vers l'arrière, et y constituent les nerfs. Ceux-ci perforent le canal rachidien dans ses angles externes.

A sa partie terminale, la moelle est vide de ses nerfs; les cellules épendymaires épaissies, dont le noyau est central, participent toutes à la formation de la cavité épendymaire, où elles projettent un cil unique, tandis que leur pied, court, présente en dehors une sole robuste. Au contact des éléments nerveux de Rohon-Beard qui parsèment la crête dorsale de la moelle, ces cellules modifient leur aspect; leur pied, dont la base s'élargit, embrasse l'élément neural de Rohon qui apparaît ainsi nettement intra-médullaire, logé dans le sillon dorsal et protégé par le pied des cellules épendymaires.

Dans la partie proximale de la moelle caudale, on met encore en évidence des cellules dont les prolongements s'appuient par une sole élargie sur la pie-mère, mais qui ne participent jamais à la formation du canal épendymaire. Tandis que dans la moelle abdominale on voit la substance blanche nettement séparée de la substance grise, on observe, à l'intérieur même de la moelle caudale, le groupement prématuré des fibres nerveuses en nerfs et leur revêtement par une gaine de myéline. Sur les coupes, on voit aussi dans ces nerfs, appliqués étroitement sur les fibres nerveuses, un grand nombre de noyaux allongés, revêtus d'une couche de protoplasme, mince, prolongée à chaque extrémité par deux fins et très longs filaments. Ces formations appartiennent aux gaines de Schwann. Le tissu conjonctif de la moelle est très peu abondant et lui forme une enveloppe très mince. Les capillaires intra-médullaires en sont absolument démunis; et l'on ne voit aucun pied astrocytaire ni épendymaire venir à leur contact.

BIOMÉTRIE. — *Sur la croissance post-embryonnaire du Lapin domestique.* Note de Mlle **Andrée Limousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'étude de la croissance pondérale totale, en fonction du temps, conduit à subdiviser le développement post-embryonnaire du Lapin en quatre phases caractérisées par des taux de croissance successifs de plus en plus faibles :

1° une première phase infantile, se terminant une dizaine de jours après la naissance, au moment de l'ouverture des yeux et de la poussée des poils et définie par un doublement du poids en 5 ou 6 jours (accroissement journalier du logarithme du poids ou *taux de croissance* voisin de 0,05);

2° une seconde phase infantile, se terminant vers le 40e jour de la vie, au moment du sevrage complet, et au cours de laquelle le taux de croissance est en moyenne de 0,03;

3° une phase juvénile, comprise entre le sevrage complet et la puberté, dont le taux de croissance est de 0,007;

4° une phase de maturité, postérieure à la puberté, qui survient après le 3e mois, marquée par un accroissement encore plus lent.

L'étude de la croissance relative de divers organes, par la recherche des relations d'allométrie liant leur poids au poids du corps, révèle des modifications de ces relations coïncidant avec les stades critiques qui séparent les phases de la croissance globale.

Certains organes conservent le même coefficient de croissance allométrique (α) jusqu'à la puberté. Tels sont le cœur ($\alpha = 0,8$), le foie ($\alpha = 0,91$), les poumons ($\alpha = 0,55$), le cristallin ($\alpha = 0,74$), les surrénales ($\alpha = 1,42$). Le premier stade critique, séparant les deux phases infantiles, est marqué par un abaissement des coefficients allométriques de l'encéphale, des reins, du thymus, de la peau (de 1,23 à 0,34). Je n'ai pas retrouvé l'augmentation du coefficient α signalée par Robb [1] pour la thyroïde, qui coïnciderait avec le stade critique du 40e jour. D'après Robb, ce second stade critique, marqué par l'augmentation du coefficient d'allométrie des testicules, aurait la signification d'une prépuberté.

Enfin, la puberté est marquée par une augmentation du coefficient allométrique de la peau (de 0,34 à 1,33), des poumons (de 0,54 à 1,4) et par le début de la régression du thymus.

La longueur du crâne, la longueur et la hauteur de la mandibule, les longueurs des différentes régions de la colonne vertébrale, les longueurs des divers segments des membres et des ceintures, comparées à la racine cubique du poids du corps prise comme dimension linéaire de référence, paraissent avoir le même coefficient de croissance allométrique depuis la naissance

[1] *British Journ. Exp. Biol.*, 6, 1929, p. 293.

jusqu'à la puberté. Seules, les longueurs du carpe et du tarse cessent presque complètement d'augmenter après le premier stade critique de la croissance.

Les dimensions du crâne et de la région dorsale de la colonne vertébrale offrent une croissance sensiblement isométrique, tandis que les régions cervicale et lombo-sacrée montrent une allométrie nettement majorante. Pour les membres, l'allométrie est majorante et plus accentuée pour les membres postérieurs que pour les membres antérieurs. Les coefficients d'allométrie ont leur valeur minima dans le carpe et le tarse et décroissent en direction proximale comme en direction distale.

Les données fournies par l'analyse de la croissance globale en fonction du temps concordent donc avec celles qui concernent la croissance relative des organes pour imposer la subdivision de la période post-embryonnaire en plusieurs phases ou étapes successives. Les modifications du système des corrélations entre organes aux époques critiques sont vraisemblablement la cause des variations discontinues observées dans le taux de la croissance générale. Par exemple, la diminution du taux de croissance lors du premier stade critique, qui se situe en pleine période d'allaitement, ne peut être provoquée que par des facteurs internes.

Ces conclusions, tirées de l'étude de la croissance, concordent également avec certaines données physiologiques et biochimiques. Chez le Lapin, le stade prépubéral, par exemple, serait caractérisé par des variations brusques du métabolisme basal, de la composition chimique des muscles et de la chronaxie (²).

Le plan de croissance du Lapin semble assez différent de celui du Rat, établi par G. Teissier (³) d'après les données de Donaldson. Des modifications de la croissance allométrique, de même sens dans les deux espèces, pour le cerveau et le thymus lors du premier stade critique et pour les poumons lors de la puberté, laissent cependant présumer une homologie physiologique entre ces stades remarquables du développement.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la production expérimentale d'intersexués chez les Oiseaux, par la méthode des greffes embryonnaires.* Note de M. ÉTIENNE WOLFF, présentée par M. Maurice Caullery.

De nombreuses tentatives ont été faites depuis 1921 pour obtenir des intersexués par diverses méthodes de greffes chez l'embryon de Poulet. Elles sont toutes restées infructueuses. La plus récente, celle de Bradley (1941) (¹), n'a pas donné de résultats caractéristiques.

(²) Cf. CHEYMOL, *Bull. Soc. Chimie biol.*, 27, 1945, p. 194.

(³) *Ann. Physiol. Phys. biol.*, 10, 1934.

(¹) *Anatomic-Rec.*, 79, 1941, p. 507.

Utilisant la technique des greffes cœlomiques, j'implante, dans des embryons de 48 heures, des fragments de gonades d'embryons de 6 à 11 jours d'incubation. Ceux-ci sont insérés dans le cœlome embryonnaire par une étroite fente pratiquée dans la somatopleure. Les transplants évoluent conformément au sexe du donneur; ils ne paraissent pas influencés, au début de leur développement, par le sexe de l'hôte.

Le tractus génital de l'hôte subit au contraire des modifications, quand il est de sexe différent de celui de la gonade implantée. Des transformations ont été observées dans les gonades des hôtes mâles, porteurs d'une greffe ovarienne, et dans les conduits génitaux des hôtes femelles, porteurs d'une greffe testiculaire.

1. *Action des transplants femelles sur les hôtes mâles.* — La gonade gauche d'un hôte mâle, autopsié entre le dixième et le quinzième jour de l'incubation, est un ovotestis. Dans certains cas, le cortex est très épais, il contient de vastes nids à ovocytes en préméiose. Entre la médullaire testiculaire et le cortex, se trouve la zone lacunaire caractéristique d'un ovaire. Dans d'autres cas, le cortex est réduit à un épithélium cylindrique, parfois stérile. On observe tous les intermédiaires entre ces deux formations. Dans les cas où le cortex est le plus mince, on voit partir de la surface de la glande des cordons testiculaires qui s'ouvrent à l'extérieur ou se raccordent à l'épithélium périphérique. Ceci indique qu'après une féminisation temporaire, l'épithélium germinatif a donné naissance à une nouvelle poussée de cordons testiculaires, comme je l'ai observé chez les intersexués hormonaux après l'éclosion ([2]).

La gonade droite est un testicule de dimensions plus ou moins réduites, montrant à sa périphérie des cordons transformés en lacunes, parfois un léger cortex.

Dans les cas où les gonades sont le plus transformées, on observe la persistance du segment proximal du canal de Müller. Dans les expériences réalisées jusqu'à ce jour, les mâles transformés en intersexués par les greffes d'ovaire correspondent aux intersexués des types 0,1 et 2 que j'ai obtenus jadis par des injections d'hormones femelles cristallisées ([3]).

Il convient de remarquer que le degré de la transformation dépend, d'une part du volume du transplant, d'autre part de sa distance aux gonades de l'hôte. On observe, chez celles-ci, des réactions locales, en rapport avec la situation du greffon.

2. *Action des transplants mâles sur des hôtes femelles.* — Les greffes testiculaires n'ont pas d'influence notable sur les gonades femelles, mais ils ont une action intense sur les conduits génitaux femelles. Les canaux de Müller sont complètement supprimés, même par des transplants de très petit volume. Je

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, **120**, 1935, p. 903 et *Arch. Anat. Hist. et Embr.*, **23**, 1936, p. 1.
([3]) Étienne Wolff et A. Ginglinger, *Comptes rendus*, **200**, 1935, pp. 2118-2221.

n'avais jamais obtenu un tel effet avec des injections d'hormones mâles cristallisées, qui, même à des doses toxiques, n'amènent qu'une régression partielle des canaux de Müller.

Conclusions. — Par la technique des greffes embryonnaires, des intersexués homologues des *free-martin* ont été obtenus, pour la première fois, chez les Oiseaux. Comme les free-martin des Ruminants et les jumeaux parabiotiques des Batraciens, les transplantations de gonades embryonnaires à des embryons de Poulet démontrent l'existence chez l'embryon, d'hormones sexuelles qui conditionnent la différenciation des caractères sexuels primaires.

ZOOLOGIE. — *Sur les variations du cycle de développement larvaire chez les Trématodes.* Note de M. **Georges Dinulesco**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le cycle de développement des Trématodes, surtout pour les stades larvaires, présente une série d'étapes, qui, allant du miracidium jusqu'à la métacercaire, varie d'un groupe, d'un genre, ou d'une espèce à l'autre. Il y a, au cours de ce cycle, dans les hôtes intermédiaires, une multiplication néoténique des parasites.

Cette multiplication ne suit pas toujours la succession régulière des formes larvaires connues. On sait qu'il y a des groupes où certaines étapes sont supprimées. Ainsi, chez les Psilotrèmes, Lepodermatides et *Tracheophilus*, les miracidium donnent directement des rédies. Chez les *Strigéides* et *Schistosomides*, les miracidium donnent des sporocystes et ceux-ci engendrent directement des cercaires, sans donner de rédies. Ensuite, l'enkystement des cercaires a lieu, soit à l'extérieur, sur des objets immergés (*Fasciolides, Monostomides*), soit chez d'autres hôtes intermédiaires (*Opistorchiides, Holostomides*), ou dans les mêmes hôtes (*Echinostomides*).

Les recherches que nous poursuivons pour trouver les facteurs qui déterminent cette variabilité du cycle de développement larvaire chez les Trématodes nous ont conduit à découvrir certains aspects particuliers que nous trouvons nécessaire d'exposer dans cette Note préliminaire.

Nous avons fait des recherches sur des *Echinostomides* (genre *Echinopariphium* Dietz 1909) et *Strigéides* (genre *Cotylurus* Szidat 1929).

Chez les Echinostomides, d'après K. Rasin (1923) (1), P. Mathias (1927) (2) et G. Dinulesco (1938) (3), le cycle se poursuit de la façon suivante, l'œuf donne un miracidium; celui-ci pénètre dans un Mollusque du genre Paludine, Limnée, etc., et passe à l'état de sporocyste qui engendre des rédies; celles-ci

(1) *Publ. Biol. Ecole Vet. Brno*, 1923.
(2) *Ann. des Sci. nat. Zool.*, **10**, 1927, p. 289.
(3) *Trav. Stat. Zool. Wimereux*, **13**, 1938, p. 215.

donnent ensuite des rédies-filles et des cercaires. Des coupes faites sur des Paludines (*P. vivipara L.*) parasitées par *Echinoparyphium recurvatum* v. Linstov, nous ont montré que les cercaires ne quittent pas le Mollusque et s'enkystent sur place. Il y a trois régions où se localisent les métacercaires, l'hépato-pancréas, la glande génitale et le péricarde. Tandis que la glande génitale et le péricarde offrent un séjour favorable aux métacercaires, le foie constitue, au contraire, un séjour défavorable. Dans cet organe, les métacercaires ont une longévité limitée; après 30-40 jours, surtout en hiver, elles meurent, étant soumises ensuite à un processus de résorption. Les métacercaires localisées dans la glande génitale et surtout dans le péricarde peuvent vivre beaucoup plus et ainsi passer tout l'hiver, restant infestantes au printemps suivant.

Chez les *Strigéides*, nous avons suivi les phases larvaires sur les Mollusques : *Planorbis corneus* L. et *Limnea stagnalis* L., parasitées par *Cotylurus* sp. Szidat 1928.

D'après P. Mathias (1922) (4) et L. Szidat (1929) (5), les miracidium de ces *Strigéides* pénètrent dans les Mollusques et donnent des sporocystes qui engendrent directement des cercaires. Le nombre des cercaires est tellement abondant que le foie et surtout les glandes génitales en sont bourrées; en particulier la glande génitale est presque supprimée, il en résulte une sorte de castration parasitaire. En étudiant le comportement des cercaires dans les deux organes où elles se localisent, nous avons observé que, tandis que les cercaires localisées dans la glande génitale peuvent s'échapper de l'hôte, la plus grande partie de celles qui séjournent dans le foie restent sur place et meurent quelque temps après, étant soumises à une désintégration semblable à celle subie par les métacercaires des Echinostomides chez les Paludines.

D'autre part, les cercaires déterminent une réaction tissulaire de l'hépato-pancréas. Il y a, autour des parasites, une prolifération des éléments interglandulaires qui aboutit à la formation d'un tissu néoplasique, semblable à ceux déterminés par des corps étrangers.

Les cercaires ayant pénétré dans les canalicules hépatiques produisent d'abord une nécrose de la paroi épithéliale. Il se forme ensuite, autour des cercaires, un tissu formé de cellules à granulations, sur lequel s'établissent des couches de tissu conjonctif néoformé. Il y a ainsi une véritable encapsulation des éléments parasitaires. Dans la masse néoplasique, on distingue des cellules éosinophiles, des éléments épithélioïdes et des fibroblastes.

Les cercaires incluses dans ces petits nodules néoplasiques sont désintégrées et finalement résorbées. La désintégration se fait par l'apparition de nombreux éléments cellulaires en pycnose, en cariorexie et en cariolyse et la résorption s'accomplit par l'intervention de nombreuses cellules macrophages.

(4) *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 599.
(5) *Z. Parasitenkde*, **1**, 1929.

D'après les observations citées, on voit que le cycle de développement des larves chez les Trématodes est influencé par les réactions des organes des hôtes intermédiaires. L'hépato-pancréas, l'organe choisi particulièrement par les larves, présente des réactions qui modifient ou arrêtent même leur développement. Ce sont les réactions de cet organe qui empêchent l'émigration des larves et qui souvent produisent la destruction des parasites. Ce pouvoir de défense de l'hépato-pancréas chez les Mollusques est confirmé par la formation du tissu néoplasique autour des parasites.

D'autre part, les cas cités sur la variation du cycle des Trématodes rentrent dans le cadre général des phénomènes de comportement des êtres vivants, où certaines manifestations ne sont pas toujours favorables. Ces manifestations sont conditionnées par certains agents, quelles qu'en soient les conséquences pour la vie du parasite.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur le système phosphomonoestérasique chez* Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Staphylococcus albus. Note [1] de MM. **Marcel Paget** et **Cristian Vittu**, présentée par M. Léon Binet.

Si l'on excepte les recherches d'ailleurs très incomplètes de Pett et Wynne [2] et celles très particulières de Boivin et Mesrobeanu [3], aucun travail ne semble encore avoir approfondi la nature des phosphatases bactériennes. Nous comblons partiellement cette lacune dans la présente Note qui expose les résultats de nos recherches sur le système phosphomonoestérasique chez *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus albus* et sur sa sensibilité à l'action du *p*-aminophénylsulfamide M/50.

Matériel et protocole expérimental. — Origine de nos souches : pus urinaire pour *Escherichia coli* et *Staphylococcus albus*; pus furonculeux pour *Staphylococcus aureus*. Cultures originelles sur bouillon à pH 7,2; repiquage sur gélose peptonée à pH 7. Matériel d'étude : culture de 18 à 24 heures; raclage minutieux de la couche microbienne; émulsion homogène dans de l'eau bidistillée à 37°. Constitution de trois séries de tubes A, B, C; chacun d'eux recevant 0,5$^{cm^3}$ d'émulsion microbienne additionnée de mélange-tampon de façon à obtenir une gamme de pH variant de 3,6 à 10, et selon la série, soit d'eau bidistillée (A), soit du substrat à base d'α- ou β-glycérophosphate de soude (B), soit d'eau bidistillée ou du substrat précédent et d'une solution d'effecteur ($NH_2 - C_6H_4 - SO_2NH_2$ ou SO_4Mg) (C). Le volume total de chaque tube était égal à 5$^{cm^3}$,5, l'eau et les solutions utilisées préalablement portées à 37°. Agitation parfaite des tubes;

(1) Séance du 17 juillet 1946.
(2) *Biochem. Journ.*, **27**, 1933, p. 1160; **28**, 1934, p. 365; **32**, 1938, p. 563.
(3) *Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 611.

séjour à l'étuve à 37° pendant 6 heures ([4]) avec agitation périodique. Addition de $2^{cm^3},5$ d'acide trichloracétique à 25 %; agitation; centrifugation. Dosage de PO_4H_3 dans 2 ou 4^{cm^3} de liquide limpide selon notre technique ([5]). Entre temps, détermination de l'extrait sec de notre suspension et, le plus rapidement possible après la préparation de l'émulsion, de l'acide phosphorique préexistant dans les corps bactériens.

Nos RÉSULTATS. — *a. Chez Escherichia coli* [nombre d'essais, 31; PO_4H_3 préformé : moyenne 26,7 pour mille d'extrait sec (chiffres extrêmes 19,4-31,4)]. L'acide phosphorique libéré au cours de l'autolyse bactérienne (série A) augmente généralement et de façon assez marquée jusqu'à pH 6,8; au delà, il reste stationnaire ou s'abaisse même. L'ion Mg^{++} et le *p*-aminophénylsulfamide ne modifient pas l'allure du phénomène qui reste identique à ce qu'il est en l'absence de ces effecteurs.

L'activité phosphomonoestérasique (série B), compte tenu des résultats de la série A, est plus intense sur le β que sur l'α-glycérophosphate dans la zone des pH compris entre 3,6 et 7. Un premier optimum d'action est généralement noté à pH 3,6 (rarement à 4,8; 5), un deuxième maximum est ensuite observé vers pH 6-6,2. A partir de ces pH jusqu'à pH 10, chute constante et hydrolise sensiblement égale de α et β. L'action du Mg^{++} M/100 (q. Mg.2) varie selon les pH. Inhibitrice entre pH 3,6 et 5,4 (—83 à —6 %), elle est, au contraire, activatrice entre pH 5,6 et 7 (+32 à +80 %), nulle entre pH 7,8 et 9,2 et, de nouveau, légèrement activatrice entre pH 9,4 et 10 (+6 à +16 %).

Ces résultats démontrent l'existence certaine chez E. coli de la phosphatase III. En outre, le deuxième optimum d'action à pH 6-6,2 et l'action activatrice du Mg^{++} dans cette même zone de pH militeraient en faveur de l'existence de la phosphatase IV, n'était-ce l'action préférentielle sur le dérivé β que nous avons constamment trouvée. La différence d'action des enzymes sur les isomères α et β nous paraissant toutefois d'un caractère moins spécifique que celui de leur comportement vis-à-vis de l'ion Mg^{++}, *nous concluerons donc aussi à l'existence de la phosphatase* IV.

Le *p*-aminophénylsulfamide M/50 inhibe faiblement les phosphomonoestérases (—5 à —13 %) entre pH 3,6 et 5,6; les active légèrement jusqu'à pH 9 (+3 à +27 %), puis s'avère inactif ou légèrement inhibiteur entre pH 9 et 10.

b. Chez St. aureus (21 *essais*) *et St. albus* (20 *essais*). — [PO_4H_3 préformé, 11,8 % chez le premier (extrêmes 8,9-14,6); 19 % chez le second (extrêmes 15,2-24,4)].

([4]) Des essais préliminaires au cours desquels nous laissions en contact substrat et enzyme pendant des temps variant de 2 à 48 heures nous ont incités à adopter 6 heures comme temps d'étude optimum.

([5]) *Ann. Biol. clin.*, 9, 1943, p. 259.

Chez l'un et l'autre, l'acide phosphorique d'origine autolytique augmente constamment en fonction du pH (de 0 à pH 3,6 jusqu'à 9,5 à pH 10). Cette libération n'est pas modifiée quantitativement par l'ion Mg^{++}, ni par le *p*-aminophénylsulfamide. L'activité phosphomonoestérasique, moins forte chez *albus* que chez *aureus*, s'exerce préférentiellement sur le dérivé α dans toute la zone des pH. Un seul optimum d'action est noté. Il se situe habituellement entre les pH 6 et 7 (exceptionnellement à pH 5,6). Au delà de cet optimum, l'hydrolise des esters α et β baisse constamment. L'action activatrice du Mg^{++} M/100 est très fortement marquée dans la zone des pH acides (jusqu'à 1400 % pour *aureus* et 800 % pour *albus*), moins accusée, pouvant même être nulle, en milieu alcalin.

Ces résultats signent la présence indubitable de la seule phosphomonoestérase IV.

Le *p*-aminophénylsulfamide M/50 est inhibiteur (— 6 à — 80 %) surtout dans la zone des pH très bas et, chez *aureus*, très légèrement activateur en milieu alcalin.

MICROBIOLOGIE. — *Capsules surrénales et inhibition de la diapédèse.* Note [1] de M. **Albert Delaunay**, Mlle **Jacqueline Pagès** et Mme **Magdeleine Martinet**, présentée par M. Gaston Ramon.

On sait que, chez les Cobayes intoxiqués par une endotoxine bactérienne, la diapédèse est inhibée [2], et nous avons montré, dans une Communication précédente, que cette inhibition coïncide avec une très nette élévation de la résistance des vaisseaux capillaires [3]. Nous avons dit, par ailleurs, que ce dernier phénomène paraît être, au moins pour une part, sous la dépendance de certains principes, différents de l'endotoxine, et qui se trouvent dans le plasma sanguin des animaux intoxiqués [4]. Ces principes jouent-ils également un rôle dans l'inhibition de la diapédèse? Nous l'avons pensé. Aussi, nous a-t-il paru intéressant d'essayer de préciser leur nature.

Nous avons songé à incriminer, en premier lieu, les hormones cortico- et médullo-surrénales pour deux raisons principales : 1° tout d'abord parce qu'il semble bien démontré qu'au cours de l'intoxication par une endotoxine, il y a libération importante d'adrénaline [5]; 2° parce que tous les travaux anglo-saxons parus au cours de ces dernières années s'accordent pour reconnaître à certaines hormones cortico-surrénales une influence très nette sur le tonus des capillaires. Pour mettre en évidence un rôle possible de ces différentes hormones dans la production du phénomène qui nous occupe, nous avons opéré de la façon suivante.

---

(1) Séance du 17 juillet 1946.
(2) Voir en particulier *Ann. Institut Pasteur*, 71, 1945, p. 431.
(3) *C. R. Soc. Biol.* (sous presse).
(4) *C. R. Soc. Biol.* (sous presse).
(5) *Journ. of exp. Med.*, 76, 1942, p. 271.

Des Rats blancs (80g) sont surrénalectomisés, sous anesthésie à l'éther administré par inhalation. Deux ou trois jours après l'opération, alors que les animaux semblent en bon état, ils reçoivent, en même temps que des Rats de même origine, mais non surrénalectomisés, à 10h, 4cm³ de bouillon stérile ([6]) (bouillon des bactériologistes) dans le péritoine, et une dose mortelle d'endotoxine typhique par voie sous-cutanée. Quelques minutes après ces injections, tous les Rats subissent une ponction péritonéale qui nous permet de déterminer le nombre et la nature des cellules présentes dans la cavité au début de l'expérience. Dans ces conditions, nous avons trouvé un nombre variable de cellules (une goutte de liquide est déposée entre lame et lamelle; on compte, selon les cas, 4 à 20 cellules par champ microscopique) et une forte majorité d'éléments mononucléés. A 12h, tous les Rats reçoivent une seconde injection intrapéritonéale de bouillon (2cm³). A 15h nous pratiquons une nouvelle ponction de la cavité abdominale des animaux et la cytologie du liquide recueilli est examinée dans les mêmes conditions que précédemment (nombre et nature des cellules). Voici nos résultats :

1° Les Rats normaux sont, à poids égal, beaucoup moins sensibles à l'action toxique d'une endotoxine que les Lapins, les Cobayes, et les Souris. Pour tuer, en six heures, un Rat normal pesant 80g, il faut utiliser des doses d'endotoxine de l'ordre de plusieurs milligrammes (6 à 8mg).

2° En revanche, pour tuer, avec le même produit, des Rats de même origine mais surrénalectomisés, il suffit d'employer des doses 5 ou 10 fois plus faibles. Pareil fait ne saurait surprendre cependant. On sait que les animaux privés de surrénales se montrent particulièrement sensibles à toutes espèces « d'agressions ».

3° Chez les Rats normaux, mortellement intoxiqués, l'inhibition de la diapédèse est pratiquement totale. Par champ microscopique, on ne trouve que quelques éléments cellulaires, presque tous mononucléés.

4° Chez les animaux surrénalectomisés, au contraire, nous avons pu constater qu'en dépit de leur état général extrêmement choqué, la diapédèse avait eu lieu. Par champ microscopique, on pouvait compter de nombreuses cellules (10 à 50), la plupart de ces cellules étant des polynucléaires.

Il apparaît d'après ces résultats que des principes libérés par les capsules surrénales jouent un rôle dans la production d'une inhibition de la diapédèse. Selon toute vraisemblance, ces principes sont des hormones. Nous montrerons dans des Communications ultérieures quelles hormones méritent d'être incriminées plus particulièrement et leur mode d'action probable.

La séance est levée à 15h40m.

A. Lx.

([6]) Le bouillon sert, ici, de facteur chimiotactique.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUIN 1946 (*suite et fin*).

Streptomycin, a Substance Exhibiting Antibiotic Activity against Gram-Positive and Gram-Negative Bacteria, par ALBERT SCHATZ, ELIZABETH BUGIE et SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*. Vol. 55, 1944; (Id. —) 1 fasc. 25cm, 5.

The Nature of the Antibiotic Substances produced by Aspergillus Fumigatus, par SELMAN A. WAKSMAN. et WALTON B. GEIGER. Extrait de *Journal of Bacteriology*. Vol. 47, nº 4, 1944; (Id. —) 1 fasc. 25cm, 5.

Three Decades with Soil fungi, par SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Soil Science*. Vol. 58, nº 2, 1944; (Id. —) 1 fasc. 25cm, 5.

The Mechanism of the Antibiotic Action of Clavacin and Penicillic Acid, par WALTON B. GEIGER et JEAN E. CONN. Extrait de *Journal of the American Chemical Society*. Nº 67, 1945; (Id. —) 1 fasc. 25cm, 5.

Antifungal Properties of Antibiotic Substances, par H. CHRISTINE REILLY, ALBERT SCHATZ, SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Journal of Bacteriology*. Vol. 49, nº 6, 1945; (Id. —) 1 fasc. 25cm.

Soil Enrichement and Developpement of Antagonistic Microorganisms, par SELMAN A. WAKSMAN et ALBERT SCHATZ. Extrait de *Journal of Bacteriology*. Vol. 51, nº 3, 1945; (Id. —) 1 fasc. 25cm, 5.

The Effect of Antibiotic Substances upon Bacteriophage, par DORIS JONES. Extrait de *Journal of Babteriology*. Vol. 50, nº 3, 1945; (Id. —) 1 fasc. 25cm.

A Search for Virus-Inactivating Substances among Microorganisms, par DORIS JONES, F. R. BEAUDETTE, WALTON B. GEIGER, SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Science*. Vol. 101, nº 2635, 1945. (Journal Series paper of the New Jersey Agricultural Experiment Station, départments of microbiology and Poultry Husbandry); 1 fasc., 25cm, 5.

A Review ... Streptomycin, par SELMAN A. WAKSMAN et ALBERT SCHATZ. Extrait de *Journal of the American Pharmaceutical Association*, Practical Pharmacy Édition. Vol. IV, nº 11, 1945; 1 fasc. 26cm.

Il n'est pas besoin de bombe atomique ..., par ARTHUR VERNES. Paris, C. A. S., 1946; 1 vol. 24cm.

Los aforismos de Luz y caballero, par RAFAEL GARCIA BARCENA. La Habana, 1945; 22cm, 5.

Magnetisk Byra et Norges Sjøkartvérk. Jordmagnetisk Publikasjoner, nº 1. *A Magnetic Survey of Norway*, par B. TRUMPY et ROLF KJAER. Bergen et Oslo, 1945; 1 fasc. 30cm, 5.

Det Kgl Danske Videnskabernes Selskab. *Ole Rømers Videnskabelige Liv*, par MOGENS PIHL. København, I Kommission Hos Ejnar Munksgaard, 1944; 1 vol 24cm.

Id. — *Ole Rømer Som Astronom*, par ELIS STRÖMGREN. København, I Kommission Hos Ejnar Munksgaard, 1944; 1 vol 26cm, 5.

Id. — *De gamle Danske Længdeenheder* par NILS ERIK NØRLUND, avec un résumé en français. København, I Kommission Hos Ejnar Munksgaard, 1944; 1 vol. 29cm, 5.

Efforts tangentiels et efforts verticaux dans la tectogenèse, par PAUL FOURMARIER, in *Annales de la Société géologique de Belgique*, T. LXIX. Liége, H. Vaillant-Carmanne, 1946; 1 vol. 24cm, 5.

Principes de géologie, par PAUL FOURMARIER. Deuxième édition. Tomes I et II. Paris, Masson et Cie, et, Liége, H. Vaillant. Carmanne, S. A., 1944; 2 vol. 28cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 JUILLET 1946.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation des décrets, en date du 17 juillet 1946, portant approbation des élections que l'Académie a faites de MM. **Eugène Bataillon** et **Henri Devaux** pour occuper deux des places de Membres non résidants nouvellement créées.

Il est donné lecture de ces décrets.

Hommage à Newton, par la « Royal Society » *de Londres.*
Impressions d'un *Naturaliste,*
lues par M. **Louis Blaringhem.**

La *Royal Society* de Londres a invité votre Compagnie aux fêtes magnifiques et de haut intérêt scientifique données en reconnaissance de l'universelle admiration du génie de Sir Isaac Newton, qui présida à ses réunions de 1703 jusqu'à sa mort en 1727. A cette occasion elle accorda les privilèges des Membres associés étrangers à deux de nos Maîtres, à Henri Alexandre Deslandres, astronome et physicien, doyen de notre Académie, au duc Maurice de Broglie, physicien, de l'Académie française. Délégué par M. Deslandres, j'ai assisté en son nom aux fêtes de l'Opéra, de Buckingham Palace, de Guildhall; j'ai suivi les démonstrations de Sir Laurence Bragg à Cambridge dans le Laboratoire Cavendish pour la Physique expérimentale et je laisse aux Confrères compétents de l'Astronomie, de la Géométrie, de la Mécanique, de l'Optique le soin d'en donner leur impression. J'ai trouvé dans ces mémorables journées du 15 au 19 juillet 1946 matière à réflexion pour le Naturaliste analysant le cas le plus frappant peut-être, le plus précis certainement, de mutation humaine, l'homme de génie réalisant un saut immense dans la connaissance pour le progrès de l'humanité.

La *Royal Society* de Londres en fit la démonstration à ses invités; 104 délégués de 36 pays dont 10 membres de notre Académie furent reçus et documentés par 27 « Fellows » de la *Royal Society*. Le Président, Sir Robert

Robinson, et E. N. da C. Andrade de l'Université de Londres ont donné l'enchaînement des découvertes, les Secrétaires Sir Alfred Egerton, Sir Edward Salisbury et surtout l'infatigable Secrétaire pour l'Étranger, Professeur A. V. Hill, avec les bibliothécaires et un bureau d'accueil parfaitement organisé, ont fourni les preuves et les documents qui établissent le cas singulier d'Isaac Newton et, j'y reviendrai un jour, qui établissent la parenté intellectuelle, les affinités de logique et besoin de clarté qui trouvent dans l'emploi fréquent, nécessaire parfois, de la langue française, l'expression correcte et condensée de l'essentiel du progrès. Cette relation des affinités était surtout sensible dans les réunions du soir (*conversazione*) où tous les documents, manuscrits, ouvrages, portraits étaient présentés et discutés en une parfaite harmonie. Notre Ambassadeur, M. René Massigli, ancien normalien, réunit anglais et français à un déjeuner où la langue française était animée par les vins généreux (¹).

Le naturaliste trouvera dans l'œuvre et dans la vie même d'Isaac Newton un sujet de réflexion, peut-être une explication des circonstances qui permettent la manifestation du génie. Enfant orphelin et frêle, élevé par sa grand'mère, inapte aux exercices physiques des camarades de son âge, le jeune écolier fut médiocre élève mais habile mécanicien, construisant d'instinct des petits moulins animés par une souris, une horloge à eau dont l'aiguille suivait le débit du mince filet d'eau, un cadran solaire, d'autres jouets dessinés avec soin avant leur réalisation matérielle; un oncle l'envoie à douze ans à l'école de Grabam pour y apprendre le latin; il loge chez le Dr Clark, pharmacien de la ville et y examine les simples; à 15 ans il est au « Trinity College » de Cambridge et découvre, avec Barrow, la logique des enchaînements de la Géométrie de Descartes. A Cambridge seraient nés la généralisation du développement en série des coefficients du binome, l'essentiel de la *Méthode des fluxions*, le concept de la vraie nature de la lumière blanche, arc-en-ciel à travers les prismes et lames minces; Chevreul insiste sur l'étalement rythmé des sept couleurs du rouge au violet à l'image des sept notes de la gamme sonore; tâtonnements, épreuves dont Newton ne confie le secret à personne. A 27 ans, il succède à « Trinity College » à son maître et conseiller Barrow qui prend sa retraite et l'associe à la rédaction d'un traité d'Optique (1669). Par réaction contre certaines interprétations, en 1670-1671, Newton expose sa théorie de la composition de la lumière blanche, confirme et complète l'explication donnée par Descartes de l'échelonnement en ordre constant des sept couleurs. En exercice manuel, à la même date, il construit de ses propres mains le télescope à réflexion qui lui donne le 11 janvier 1672 entrée à la *Royal Society* de Londres, retardée par l'impossi-

(¹) La *British Association for the Advancement of Science* a invité les délégués à assister le 20 juillet à son Assemblée générale, qui fut suivie d'une réception où le Président Sir Richard Gregory, Bt., F. R. S., et sa famille déployèrent la plus chaude cordialité.

bilité où il se trouvait de payer la modeste contribution hebdomadaire d'un schelling. C'est dans cette insécurité matérielle qu'il prend conscience de sa personnalité, qu'il rédige *Arithmetica universalis* publiée en 1707 seulement, suivie, confirmée par deux éditions (1722-1732), alors que la valeur des raisonnements et l'importance pratique des corollaires en étaient complètement démontrées.

Mais l'optique passionnait l'enfant dessinateur et peintre; la diffraction de la lumière, la théorie de l'émission prennent jour, avec de longues hésitations dans *Opticks* (1704). C'est bien la preuve des difficultés que subit le génie naissant dans le milieu le plus qualifié pour comprendre les progrès qu'entraînent la concision, le résumé, guides essentiels qui écartent les critiques et discussions métaphysiques. Newton s'était exercé à la discipline cartésienne avec l'Œuvre capitale *Principia* dont j'ai vu le manuscrit corrigé par lui avant l'impression (1687) qui n'eut lieu qu'après l'intervention puissante de Halley, membre de la *Royal Society*. Cet Ouvrage est sans doute le monument scientifique le plus riche en intuitions et en démonstrations rigoureuses.

On y trouve pour la première fois l'exposé de l'attraction universelle, le calcul du mouvement qui retient la lune autour du globe terrestre, calcul que Newton crut peu correct jusqu'en 1682, confirmé avec les découvertes de l'angevin l'abbé Jean Picart, de notre Académie Royale. Cette collaboration scientifique des deux Institutions fait de l'œuvre d'Isaac Newton le tremplin solide des découvertes les plus imposantes par leur utilité et par leur rigueur, donne l'élan au normand Laplace après le parisien Jean Gallois et même à Augustin Fresnel qui s'efforça jusqu'aux dernières années de sa vie trop brève (1788-1827) d'ajuster la théorie de l'émission avec celle des ondulations dont il constatait l'existence par les franges de l'ombre. Je laisse ce sujet, qui est tout d'actualité, à l'examen de mes confrères mathématiciens et physiciens.

Le *Commercium epistolicum*, de 1712, complète le Traité des fluxions né sans doute de l'interprétation mathématique des observations réfléchies de l'enfant construisant les jouets mécaniques, traité qui fut traduit en français et eut grand succès chez nos ingénieurs et forestiers par l'activité et la langue choisie de Georges-Louis Leclerc, Comte de Buffon qui visitait l'Angleterre; avec la collaboration d'un autre de nos anciens Henri Duhamel du Monceau (1700-1782) Buffon peintre de la Nature, fit exécuter la rupture de poutres de chêne de son domaine de Montbard en Dijonnais et donna l'essentiel des formules qui régissent encore aujourd'hui les essais techniques de la résistance des matériaux, qu'il s'agisse des métaux, des pierres, plâtres et ciments. Buffon et Duhamel furent membres du Bureau de l'Académie des Sciences, le premier comme trésorier durant de longues années, le second comme Directeur élu à trois exercices. La traduction associe notre Compagnie au mérite du brillant représentant de la *Royal Society*. J'ai relu, avec curiosité intéressée, les démons-

trations de notre ancien confrère Eugène Chevreul dans les Mémoires de notre Académie (1879); il attribue à Newton l'essentiel de sa théorie de l'échelonnement et de l'addition des couleurs par rotation des disques pour reproduire le blanc; il réclame la priorité pour la découverte des effets de contraste, mais je crains fort qu'ici encore Newton ait fourni tout ce qui était solide et universel, cerveau négligeant ce qui est individuel ou accidentel pour marquer l'ordre et *le principe*.

Sir Isaac Newton, j'espère le montrer, est un de ces accidents heureux dans l'évolution de l'humanité, une mutation dans la modeste famille de Wimbleton en Lancashire; j'ai le croquis de la maison natale qui apprend peu; j'aurais désiré examiner les dossiers égarés, perdus, de l'adolescent. Enfant né avant terme, le cerveau de cet homme peu doué pour les exercices scolaires obligatoires a acquis l'expansion et les coordinations qui permettent les intuitions et les vérifications géniales par leur simplicité et leur généralité; l'homme de quarante ans fut doté d'une prodigieuse lucidité d'intelligence des choses et des êtres. Sous une chevelure ondulée et massive, sur un corps grêle dans un négligé de travail flottant, le peintre Geoffroy Kneller nous conserve la figure sévère, le menton volontaire, les lèvres serrées trahissant le mépris des contradictions, les yeux fixes enfoncés dans l'ombre de fortes arcades sourcillères, le front large déjà marqué de rides; la main gauche aux longs doigts écartés appuyée sur le bras droit marque l'effort de la pensée et la volonté d'en dire l'essentiel; tel est l'homme en gestation des *Principia*. Trente ans plus tard Sir Isaac Newton offre son portrait par Charles Jewas à la *Royal Society* dont il préside à vie les travaux; c'est le chef, imposant par la main droite et l'index impérieux les manuscrits sous scellés, la main gauche étalée aux longs doigts souples atténuant par trace d'abandon le sérieux d'une belle figure où la moue des lèvres serrées ne détruit pas le calme et la bonté du regard adouci; rabat et manchettes avec sans doute la perruque d'apparat en font le représentant de la science anglaise, de la science mondiale que n'ont pu étouffer en germe les prétentions de Leibnitz et de Bernoulli.

Au cours des siècles notre Compagnie profitera encore largement du modèle tracé par un timide adolescent; *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, manuscrit déposé le 28 avril 1686, conservé dans la Bibliothèque de la *Royal Society* de Londres est un diamant dans le Trésor commun de l'Humanité.

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

L'Assemblée générale du Conseil international des Unions Scientifiques, à laquelle vous m'aviez fait l'honneur de me déléguer, m'ayant élu vice-président pour une période de trois ans, j'ai le devoir de rendre compte à l'Académie des travaux de cette Assemblée, qui s'est tenue à Londres du 22 au 24 juillet, dans la salle des séances de la « Royal Society ».

En dehors de la discussion et approbation des rapports fort intéressants sur l'activité des diverses Unions Scientifiques et de quelques modifications apportées aux Statuts, deux décisions importantes ont été prises.

L'assemblée a adopté une résolution sur l'énergie atomique, que les représentants de la France ont votée d'autant plus volontiers qu'elle était conçue dans le même esprit que la résolution déjà votée par notre Académie. Le texte exact n'était pas encore imprimé quand nous avons quitté Londres car il est assez long et avait subi de nombreuses modifications de rédaction. En résumé, la résolution demande la suppression du secret et la coopération loyale des savants de tous les pays pour la paix, afin d'éviter les terribles dangers de la guerre atomique, ainsi que de la guerre chimique ou biologique.

L'Assemblée a adopté aussi une convention avec l'Organisation des Nations Unies pour l'Enseignement, la Science et la Culture (U. N. E. S. C. O.) (¹). Dans l'article premier, l'U. N. E. S. C. O. reconnaît que les Unions Scientifiques sont la forme naturelle de l'Organisation Internationale de la Science et que le Conseil International des Unions Scientifiques [I. C. S. U. (¹)] est le corps qui coordonne et représente ces Unions. Les autres articles indiquent comment sera réalisée la liaison entre l'U. N. E. S. C. O. et l'I. C. S. U. et prévoient que l'U. N. E. S. C. O. donnera à l'I. C. S. U. un important appui moral et matériel, notamment pour l'organisation des Congrès et de toutes les réunions scientifiques internationales. Pour que toutes les sciences puissent ainsi utiliser l'appui de l'U. N. E. S. C. O., il sera nécessaire que des Unions Scientifiques, adhérentes à I. C. S. U. soient contituées pour les Sciences où il n'en existe pas encore, notamment pour les Mathématiques et la Mécanique.

Sur la proposition de notre Associé étranger, M. Niels Bohr, l'Assemblée a décidé que la prochaine Assemblée générale de l'I. C. S. U. aurait lieu à Copenhague en 1949. D'ici là, le Comité exécutif se réunira, en principe, chaque année.

ÉLECTROCHIMIE. — *Pouvoir réducteur de l'hydrogène électrolytique.* Note (¹) de MM. Pierre Jolibois et Albert Nicol.

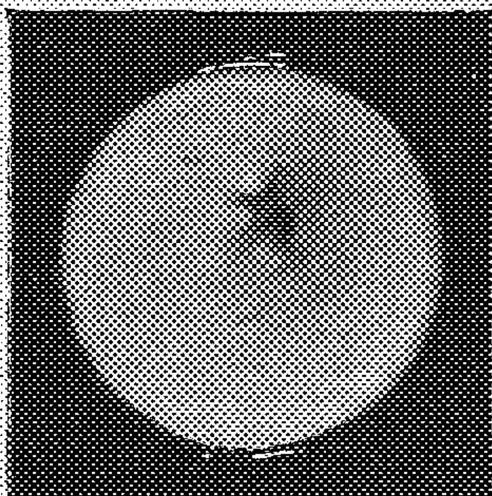
On a déjà constaté que l'hydrogène dégagé au cours de l'électrolyse possède un pouvoir réducteur que l'on ne peut obtenir avec l'hydrogène préparé par les méthodes ordinaires. Le fait est mis à profit notamment dans l'hydrogénation des matières organiques à la cathode d'une électrolyse.

Dans l'explication des phénomènes d'électrolyse, l'action de l'hydrogène ainsi dégagé à la cathode prend une importance particulière lorsqu'il s'agit de

(¹) Les mots anglais ont les mêmes initiales que les mots français, mais sont rangés dans un ordre différent.

(¹) Séance du 17 juillet 1946.

sa réaction sur les oxydes métalliques, réaction qui ne semble pas jusqu'ici avoir fait l'objet d'études systématiques.



Oxyde de zinc réduit par l'hydrogène électrolytique.

Nous avons pu monter des expériences où cette action se produit dans toute sa pureté, au sein de l'eau distillée, sur des oxydes insolubles placés dans des positions autant que possible extérieures aux lignes de courant électrique.

Le dispositif est le suivant : dans un grand cristallisoir plein d'eau distillée on place deux électrodes en fil de platine. La cathode très courte insérée dans un tube de verre a la forme d'un crochet dont la pointe est dirigée à l'opposé de l'anode. On constate que dans ces conditions, pour une forte densité de courant, les bulles d'hydrogène sont chassées de la pointe en sens inverse du courant électrique sous la forme d'un jet gazeux assez rapide.

Si l'on place dans ce jet, perpendiculairement à lui, une plaque de verre fritté soudée à un tube dans lequel on aspire l'eau du cristallisoir au moyen d'une trompe, on peut ainsi étudier l'action de l'hydrogène sur des matières qui enduisent le verre fritté.

Nous avons fait les expériences avec un courant de 5 milliampères et une cathode de $0^{cm},5$ de longueur et de 3/10 de millimètre de diamètre.

Les expériences que nous avons réalisées ont été positives avec l'oxyde de zinc, l'hydrate de plomb, l'hydrate de cadmium, l'acide molybdique et l'acide tungstique, mais cette liste n'est pas limitative. La distance entre la pointe de l'électrode et l'oxyde doit être faible; on a une réduction très visible avec 3 à 4^{mm} de distance. L'éloignement de la cathode amène très vite la diminution de l'intensité du phénomène.

La réduction a lieu suivant des plages assez régulièrement estompées; ceci laisse à penser que c'est le gaz dissous dans le liquide qui est l'auteur de la réaction. Ce gaz est probablement de l'hydrogène atomique dont la vie est très courte, ce qui implique une électrode très voisine de la couche à réduire.

PÉTROGRAPHIE. — *Composition minéralogique, structure et origine des émeris de Turquie*. Note (¹) de M. **Jacques de Lapparent**.

J'ai montré naguère que les émeris de l'île de Naxos, dans l'archipel grec, résultent d'un métamorphisme exercé sur des bauxites et qu'un faciès, moins métamorphique, de telles roches est représenté en l'île de Samos, par ce que j'ai nommé *samosite*, dans des conditions de gisement qui ne laissent aucun doute sur son origine (²).

Les émeris de Turquie continuent vers l'Est, à partir de Smyrne, la suite des affleurements repérés à Naxos et à Samos. L'examen de leur composition minéralogique et de leur structure permet encore de certifier qu'ils furent originellement des bauxites.

Leur composition minéralogique les classe comme roches essentiellement constituées par les trois minéraux : corindon, chloritoïde, magnétite, cependant que l'arrangement de ces minéraux révèle, en bien des cas, une structure pisolitique des plus typiques. En des occurrences particulièrement favorables il apparaît nettement que l'alumine non silicatée est concentrée dans les pisolites. Ceux-ci, qui sont actuellement faits de corindon, en cristaux relativement gros à l'échelle du microscope, sont chargés de la poussière titanifère habituelle des bauxites. Les éléments de cette poussière, amassés en petits flocons et sur lesquels est venu se précipiter de l'oxyde de fer maintenant à l'état soit de magnétite, soit d'oligiste, soulignent, aux travers du corindon, le dessin de multiples cristaux primitifs de diaspore auquels ce corindon s'est précisément substitué. Comme il en est à Samos et à Naxos les pisolites ont été plus ou moins comprimés, tendant à la forme lenticulaire. Quant au chloritoïde il cimente les pisolites.

Cependant les vestiges d'une structure pisolitique ne se voient pas toujours et la roche apparaît souvent comme simplement composée d'un agrégat de corindon, de chloritoïde et de magnétite; on observera néanmoins dans le corindon les flocons de poussières titanifères individualisés de telle façon qu'ils tracent encore les contours d'anciens petits cristaux de diaspore. La magnétite charge en outre le corindon, témoignant par là de l'association primitive d'oxyde de fer et de diaspore qui aurait, en quelque sorte, été saisie sur place. Au contraire tout cristal individuel de chloritoïde est exempt, ou à peu près, de magnétite mais reste chargé de poussières titanifères. On trouve en outre, çà et là, comme dans les samosites, des cristaux du corindon ferro-titané que j'ai décrit sous le nom de *taosite* et qui paraît être identique à la *högbomite* trouvée dans les roches à magnétite, ilménite, spinelle et corindon de Routivara, en Laponie suédoise.

(¹) Séance du 22 juillet 1946.

(²) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 75; **198**, 1934, p. 760; **201**, 1935, p. 154; *Mineralog. u. Petrog. Mitt.*, **49**, 1937, pp. 1-30.

Les faciès siliceux des roches alumineuses de Naxos et de Samos mettaient en évidence deux types pétrographiques : le type à corindon, disthène et staurotide (Naxos) et le type à diaspore et chloritoïde (Samos); les émeris de Turquie nous montrent un troisième type de telle composition : le type à corindon et chloritoïde. Ainsi la chaîne est-elle parfaitement continue entre les samosites et les émeris de Naxos par l'intermédiaire des émeris turcs. Mais les samosites, roches à diaspore et chloritoïde, nous apparaissaient comme des bauxites métamorphiques originellement à diaspore et daphnite; la daphnite étant une chlorite ferrifère très alumineuse. Ainsi, des profondeurs pouvons-nous remonter vers la surface de la croûte terrestre en caractérisant les étapes du chemin par des *minéraux-indices* : corindon, disthène, staurotide; corindon, chloritoïde; diaspore, chloritoïde; diaspore, daphnite.

Or, j'ai montré d'autre part que les bauxites à diaspore sont des bauxites *de subsidence*, les bauxites à boehmite des bauxites *du niveau des eaux*, les bauxites à gibbsite des bauxites *au-dessus du niveau des eaux*. Aussi bien, cette remontée des profondeurs pourrons-nous l'extrapoler jusqu'à la surface même du sol. Nous en résumerons les caractères dans le tableau suivant où sont mis en regard les niveaux et les minéraux correspondants :

I.	Au-dessus du niveau des eaux	gibbsite, kaolinite, oligiste.
II.	Au niveau des eaux	boehmite, kaolinite, oligiste.
III.	Au-dessous du niveau des eaux (Subsidence)	diaspore, kaolinite, daphnite, oligiste.
IV.	(Samos)	diaspore, kaolinite, chloritoïde, magnétite.
V.	Profondeurs (Turquie)	corindon, chloritoïde, magnétite.
VI.	(Naxos)	corindon, disthène, staurotide, magnétite.

CORRESPONDANCE.

Sir **Harold Spencer Jones**, élu Correspondant pour la Section d'Astronomie, et M. **Edgar Douglas Adrian**, élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, adressent leurs remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Homenaje de la Universidad de La Habana a la memoria de Antonio Machado. Conferencias de Juan Chabas, Antonio Regalado, Raul Roa.

TOPOLOGIE. — *Sur l'inverse d'une transformation continue et biunivoque.* Note de M. **Alexandre Ostrowski**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. *Théorème* I. — *Soit* D *un domaine ouvert de* R_n $(n>2)$ *et*

$$\Pi=f(P) \tag{1}$$

une transformation continue de D *dans un ensemble* Δ de P_n. *Alors, si à chaque point* Π *de* Δ *correspond par* (1) *un et un seul point*

$$P=\varphi(\Pi) \tag{2}$$

de D, *la transformation* (2) *est continue sur* Δ.

La démonstration de ce théorème est particulièrement simple si l'on utilise les théorèmes de Jordan et de Schoenflies ([1]). La démonstration qui va suivre n'utilise que le théorème de Jordan.

2. *Démonstration.* — La transformation (1) fait correspondre à chaque arc de Jordan g de D un arc de Jordan γ de Δ, et à chaque surface de Jordan G à $n-1$ dimensions de D une surface de Jordan Γ dans Δ.

3. Soit G une surface de Jordan à $n-1$ dimensions dans D et dont l'intérieur G_i consiste entièrement en points de D. Soient Γ l'image dans D de G et Γ_i, Γ_e, respectivement les ensembles de points de Δ situés à l'intérieur et à l'extérieur de Γ. Alors, deux points quelconques P_1 et P_2 de G peuvent être reliés par un arc de Jordan g situé dans G_i dont l'image γ dans Δ est un arc de Jordan qui relie sans rencontrer Γ les points Π_1 et Π_2 correspondants à P_1 et P_2. Donc l'image complète de G_i par (1) est située ou bien dans Γ_i, ou bien dans Γ_e. La surface G est dite *régulière* dans le premier cas et *singulière* dans le second.

De même l'image complète de l'ensemble DG_e des points de D extérieurs à G est située ou bien dans Γ_i ou bien dans Γ_e. Une surface régulière G sera dite *normale*, si DG_e se transforme dans Γ_e.

4. Soient maintenant Π_0 un point quelconque de Δ et P_0 son image dans D; soient S_ν les surfaces sphériques de centre P_0 et de rayon $1/\nu$ $(\nu=1, 2, \ldots)$; σ_ν leurs images dans Δ. *Je dis que les* S_ν *sont régulières à partir d'un certain* ν.

En effet, si S_{ν_1} est singulière et contenue avec son intérieur dans D, S_{ν_2} est pour $\nu_2>\nu_1$, à l'intérieur de S_{ν_1} et σ_{ν_2} *à l'extérieur* de σ_{ν_1}. Donc, pour une suite infinie de S_{ν_k} singulières, les σ_{ν_k} correspondantes ne peuvent tendre vers un seul point. Mais d'autre part, pour $\nu\to\infty$, les S_ν convergent vers P_0 et par conséquent, (1) étant continue, les σ_ν convergent vers Π_0. Notre assertion est donc vraie.

5. Si S_ν et $S_{\nu-1}$ sont régulières, un point P' de $S_{\nu-1}$ se transforme en un

([1]) Cf. pour l'énoncé du théorème de Schoenflies, J. Hadamard, *Sur quelques applications de l'indice de Kronecker*. Note à l'*Introduction à la théorie des fonctions d'une variable* de J. Tannery, 2, 1910.

point Π' de $\sigma_{\nu-1}$ situé *à l'extérieur* de σ_ν. Donc *la surface* S_ν *est normale et les points de* Δ *à l'intérieur de* σ_ν *constituent l'image complète de l'intérieur de* S_ν.

6. Or, si Π_k est une suite de points de Δ convergeant vers Π_0, tous les Π_k, sauf un nombre fini d'entre eux, sont contenus à l'intérieur de σ_ν. Donc, pour la suite correspondante $P_k = \varphi(\Pi_k)$ tous les P_k, excepté un nombre fini, sont à l'intérieur de S_ν. Mais ici ν peut être pris arbitrairement grand. Donc la suite P_k tend vers $P_0 = \varphi(\Pi_0)$ et la fonction $\varphi(\Pi)$ est continue en π_0. Notre théorème est démontré.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les groupes d'homéomorphismes d'un espace complètement régulier.* Note [1] de MM. **Jean Braconnier** et **Jean Colmez**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soient E un espace *complètement régulier* [2], Γ un sous-groupe du groupe $\mathfrak{G}(E)$ des *homéomorphismes* de E sur lui-même, $\mathfrak{U}$ un *système fondamental d'entourages* dans une structure uniforme *compatible* avec la topologie de E (il existe toujours une telle structure, puisque E est complètement régulier) et $\mathfrak{A}$ une famille de parties de E, *invariante* par Γ et satisfaisant aux conditions :

(A) *Quels que soient* $C \in \mathfrak{A}$ *et* $C' \in \mathfrak{A}$, *on a* $C \cup C' \in \mathfrak{A}$.

(B_1) *Quels que soient* $u \in \Gamma$, $U \in \mathfrak{U}$ *et* $C \in \mathfrak{A}$, *il existe* $U' \in \mathfrak{U}$ *tel que* $u(U'(x)) \subset U(u(x))$, *pour tout* $x \in C$.

(B_2) *Quel que soit* $C \in \mathfrak{A}$, *il existe* $U \in \mathfrak{U}$ *tel que* $UC \in \mathfrak{A}$.

La condition (B_1) est en particulier satisfaite si $\mathfrak{U}$ est *invariant* par Γ. Dans ce cas, les conditions (A) et (B_2) sont vérifiées si $\mathfrak{A} = \{E\}$. Si $A \subset E$ et $B \subset E \times E$, soit $W(A, B)$ (resp. $V(A, B)$) l'ensemble des $u \in \Gamma$ tels que $[x, u(x)] \in B$ [resp. $(x, u(x))$ B et $(x, \overset{-1}{u}(x)) \in B$] si $x \in A$. Lorsque C décrit $\mathfrak{A}$ et U décrit $\mathfrak{U}$, $W(C, U)$ décrit une *base de filtre* $\mathfrak{B}$ sur Γ et $\mathfrak{B} \circ u$ (resp. $\overset{-1}{\mathfrak{B}} \circ u$) est un *système fondamental de voisinages* de $u \in \Gamma$ (*équivalent* à $u \circ \mathfrak{B}$ (resp. $u \circ \overset{-1}{\mathfrak{B}}$)) dans une topologie $\mathfrak{T}_1$ (resp. $\mathfrak{T}_2$) sur Γ, *séparée* et telle que l'application $(u, v) \to u \circ v$ soit *continue* dans $\Gamma \times \Gamma$. Soit $\mathfrak{T}(\mathfrak{A}, \mathfrak{U})$ la *borne supérieure* de $\mathfrak{T}_1$ et $\mathfrak{T}_2$ [3].

Théorème 1. — *La topologie* $\mathfrak{T}(\mathfrak{A}, \mathfrak{U})$ *est compatible avec la structure de groupe de* Γ *et rend continue l'application* $(u, x) \to u(x)$ *de* $\Gamma \times E$ *sur* E.

---

(1) Séance du 22 juillet 1946.

(2) Nous utilisons les notations et la terminologie des *Éléments de Mathématique* de N. Bourbaki (*Actualités scientifiques et industrielles*, nos 859, 916 et 954).

(3) Les topologies $\mathfrak{T}_1$ et $\mathfrak{T}_2$ ne sont *compatibles* avec la structure de Γ que si elles sont *identiques*. Il n'en est généralement pas ainsi, lorsque E est *localement compact* et $\mathfrak{A} = \mathfrak{C}$. Cf. J. Braconnier, *Sur les groupes localement compacts* (à paraître au *Journal de Mathématiques pures et appliquées*).

Si A est un ensemble *fermé* de E, l'ensemble $\mathcal{N}(A)$ (resp. $\mathcal{C}(A)$) des $u \in \Gamma$ tels que $u(A) = A$ (resp. $u(x) = x$ pour tout $x \in A$) est un sous groupe *fermé* de Γ.

Soit $\mathfrak{C}$ l'ensemble des parties *relativement compactes* de E. $\mathfrak{C}$ est invariant par $\mathcal{E}(E)$ et, si $\mathfrak{U}$ est un système fondamental d'entourages dans une structure uniforme *compatible* avec la topologie de E, $\mathfrak{C}$ vérifie les conditions (A) et (B_1).

Théorème 2: — *Soit* E *un espace complètement régulier*, Γ *un sous-groupe de* $\mathcal{E}(E)$ *muni d'une topologie compatible avec sa structure de groupe et rendant continue l'application* $(u, x) \to u(x)$; *si* $C \in \mathfrak{C}$ *et* $U \in \mathfrak{U}$, *il existe* $U' \in \mathfrak{U}$ *tel que* $V(U'(C), U)$ *soit un voisinage de l'application identique dans* Γ.

2. Supposons que E soit un espace *localement compact*.

Théorème 3. — *Si* $\mathfrak{U}$ *est un système fondamental d'entourages dans une structure uniforme compatible avec la topologie de* E, *l'ensemble* $\mathfrak{C}$ *vérifie la condition* (B_2).

Il en résulte que $\mathfrak{T}(\mathfrak{A}, \mathfrak{U})$ est une topologie *séparée, compatible* avec la structure de groupe de Γ et rend *continue* l'application $(u, x) \to u(x)$ (d'après le théorème 1), et que toutes les topologies $\mathfrak{T}(\mathfrak{A}, \mathfrak{U})$ sont identiques à la *moins fine* des topologies *séparées, compatibles* avec la structure de groupe de Γ et rendant *continue* l'application $(u, x) \to u(x)$ (d'après le théorème 2). Le groupe Γ, muni de la topologie $\mathfrak{T}(\mathfrak{A}, \mathfrak{U})$, n'est pas en général *complet* et n'admet pas de *groupe complété* ([4]).

Notons que si E est *compact* (resp. *discret*), $\mathfrak{T}(\mathfrak{A}, \mathfrak{U})$ est la topologie de *convergence uniforme* (resp. de *convergence simple*).

Soit G un *groupe localement compact*; $\mathfrak{U}_s$ (resp. $\mathfrak{U}_d$) un système fondamental d'entourages dans la structure uniforme *gauche* (resp. *droite*). Les topologies $\mathfrak{T}(\mathfrak{C}, \mathfrak{U}_s)$ et $\mathfrak{T}(\mathfrak{C}, \mathfrak{U}_d)$ sont *identiques* à *la moins fine* des topologies séparées compatibles avec la structure du groupe $\mathcal{E}(E)$, rendant continue l'application $(u, x) \to u(x)$ de $\mathcal{E}(G) \times G$ sur G. Les *translations à gauche* (resp. *à droite*) forment un sous-groupe Γ (resp. Δ) de $\mathcal{E}(G)$ isomorphe à G. L'ensemble des *automorphismes* du groupe topologique G est un sous-groupe *fermé* $\mathfrak{G}(G)$ de $\mathcal{E}(G)$. Si u_s est *l'automorphisme intérieur* $x \to sxs^{-1}$, $s \to u_s$ est une représentation *continue* de G dans $\mathfrak{G}(G)$.

Notons que la *mesure de Haar* sur G est *relativement invariante* par le sous-groupe $\mathcal{E}(G)$ produit direct $\Gamma \circ \mathfrak{G}(G) = \Delta \circ \mathfrak{G}(G)$ ([5]).

3. Soient E un espace *complètement régulier* et Γ un groupe *transitif* d'homéomorphismes de E. Soit (U_n) $(n = 0, 1, 2, \ldots)$ une suite d'entourages de $\mathfrak{U}$.

Posons $A_0 = \{a\}$, avec $a \in E$ et $A_{n+1} = U_n(A_n)$ et soit $\mathfrak{A}$ la famille formée par les *réunions finies* de $u(A_n)$, u décrivant T. $\mathfrak{A}$ vérifie les conditions (A) et (B_2). Lorsque E est *localement compact*, posons $A_0 = \{a\}$. A_n étant supposé donné, il existe $U_n \in \mathfrak{U}$ tel que $U_n(A_n) = A_{n+1}$ soit *relativement compact*.

([4]) Cf. J. Dieudonné, *Comptes rendus*, **218**, 1944, pp. 774-776.
([5]) Cf. J. Braconnier, *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 382-384.

Soit $\mathfrak{A}$ la famille formée comme il vient d'être dit; les topologies $\mathfrak{T}(\mathfrak{C}, \mathfrak{U})$ et $\mathfrak{T}(\mathfrak{A}, \mathfrak{U})$ sont *identiques*. Supposons Γ muni de cette topologie et soit $b \in E$. $\mathcal{N}(\{b\})$ est un sous-groupe *fermé* de Γ; si $x \in E$, si $u \in \Gamma$ est tel que $u(b) = x$ et si $\dot{u}$ est la classe de u dans l'*espace homogène* $[\Gamma/\mathcal{N}(\{b\})]$, $\dot{u} \to x$ est une application *biunivoque continue* de $[\Gamma/\mathcal{N}(\{b\})]$ *sur* E. Cette propriété est encore exacte dans les hypothèses suivantes : E est un *espace topologique* satisfaisant à l'*axiome* (T_1) (6) et Γ est un groupe *transitif* d'homéomorphismes de E, muni d'une topologie *compatible* avec sa structure de groupe et rendant *continue* l'application $(u, x) \to u(x)$ de $\Gamma \times E$ sur E.

THÉORIE DE LA RELATIVITÉ. — *Anisotropie de l'éther sur un foyer d'énergie ponctuel à symétrie sphérique en translation uniforme.* Note (1) de M. **Pierre Dive**, présentée par M. Jean Chazy.

Nous postulons la possibilité d'une chronométrique universelle au moyen d'un temps cosmique x^4. Nous admettons, de plus, que le principe du retour inverse des ondes est vrai dans tout repère S au repos dans l'éther. Cette hypothèse se traduit par la condition $g^{\alpha 4} = 0$ $(\alpha \neq 4)$, qui exprime aussi l'orthogonalité riemannienne des déplacements spatiaux et de l'axe des temps. Nous nous proposons de chercher les relations auxquelles doivent satisfaire les fonctions analytiques $g^{\alpha\beta}(x^\nu)$ qui déterminent la structure géométrique de l'éther lorsqu'il est traversé (2) par un foyer d'énergie à symétrie sphérique.

Soit, dans un système quelconque de coordonnées, S_α^β le tenseur sans divergence d'Einstein et Cartan. Nous définissons le tenseur d'énergie T_α^β par la relation $S_\alpha^\beta = AT_\alpha^\beta$, où A est une constante. On sait (3) que la recherche des directions principales de la forme $S_{\alpha\beta}X^\alpha X^\beta$ permet de décomposer S_α^β et, par suite, T_α^β en 4 termes qui s'interprètent mécaniquement

$$S_\alpha^\beta = A\sum_{\nu=1}^{4} p_{(\nu)} V_{(\nu)\alpha} V_{(\nu)}^\beta. \tag{1}$$

Les $p_{(q)}$ $(q \neq 4)$ sont les *pressions partielles propres*; $p_{(4)} = \rho$, la *densité d'énergie matérielle propre*; $V_{(\nu)}^\alpha$, les *vecteurs unitaires propres* qui donnent les directions principales, — $V_{(4)}^\alpha$ étant identifié à la vitesse tensorielle dx^α/ds du foyer; *le terme* $Q_j^k = \sum_{n=1} p_{(n)} V_{(n)j} V_{(n)}^k$ *est la projection sur l'axe des* x^j *de l'effort s'exerçant*

(6) Cf. Alexandroff-Hopf, *Topologie*, I, Berlin, 1935.

(1) Séance du 22 juillet 1946.

(2) Cf. H. Poincaré, *La valeur de la Science*, p. 202.

(3) Cf. A. Lichnerowicz, *Annales de l'École Normale Supérieure*, 3e série, 60, IV, 1943, p. 247.

sur une face perpendiculaire à l'axe des x^k. Les 4 $p_{(\nu)}$ sont racines de l'équation en p

$$(2) \qquad (S^\beta_\alpha - Apg^\beta_\alpha) \vdots = 0 \quad [4].$$

Soient $\underline{O}$ le centre de symétrie et O′ un point quelconque du foyer, à la distance r de $\underline{O}$. Prenons O′ comme origine d'un repère trirectangle S′ dont l'axe $O'x^{1'}$ est porté par $\underline{O}O'$, mais d'orientation indifférente autour de $\underline{O}O'$. La Mécanique des milieux et la symétrie sphérique du foyer [5] nous imposent d'abord les conditions

$$Q^{k'}_{j'} = Q^{j'}_{k'} = 0 (j,\ k \neq 4;\ j \neq k), \qquad Q^{2'}_{2'} = Q^{3'}_{3'} = Q^{b'}_{b'} (b = 2,\ 3).$$

De $V^{\alpha'}_{(4)} = (dx^{\alpha'}/ds) = 0$, on déduit ensuite $Q^{\alpha'}_{4'} = 0 (\alpha = 1,\ 2,\ 3,\ 4)$. Ainsi, dans S′, l'équation (2) se réduit à

$$(3) \qquad (Q^{1'}_{1'} - p)(Q^{b'}_{b'} - p)^2 (\rho - p) = 0;$$

d'où $p_{(1)} = Q^{1'}_{1'}$, $p_{(2)} = p_{(3)} = Q^{b'}_{b'}$, $p_{(4)} = \rho$. Il est d'ailleurs évident, par raison de symétrie, que *les 4 invariants $p_{(\nu)}$ ne doivent dépendre que de r.* Les relations précédentes permettent d'écrire

$$(4) \qquad 0 = Q^{j'k'} - Q^{k'j'} = g^{j'k'}(p_{(j)} - p_{(k)}).$$

Si donc on excepte (sauf en $\underline{O}$), le cas $p_{(1)} = p_{(2)} = p_{(3)}$ du fluide parfait, on a nécessairement en O′ quelconque $g^{1'b'} = 0$ $(b = 2, 3)$.

Dans S′, désignons par $F^{\alpha'}$ la force contravariante des tensions; l'équation fondamentale de la Dynamique tensorielle $\mathcal{D}_{\lambda'} T^{\lambda'\alpha'} = 0$ donne

$$(5) \qquad F^{a'} = - g^{1'a'} \frac{dp(a)}{dr} = - \frac{1}{2} \rho\, g^{a'q'} \partial_{q'} L g_{4'4'} \qquad (a \neq 4).$$

Or, le déterminant $g^{2'2'}g^{3'3'} - (g^{2'3'})^2$, étant analytique dans tout le domaine du foyer, et différent de O en $\underline{O}$, ne saurait être nul dans un domaine partiel. Le système (5) exige alors que $\partial_{b'} L g_{4'4'} = 0$ $(b = 2, 3)$; *$g_{4'4'}$ ne peut donc dépendre que de r et $F^{a'}$ est une force centrale.*

Considérons, au repos dans l'éther, un repère S trirectangle $Ox^1x^2x^3$ dont l'axe Ox^1 est la trajectoire du centre $\underline{O}$ du foyer, et le repère $\underline{S}$, lié au foyer, qui à l'instant zéro ($x^4 = 0$) coïncide avec S. On a, entre les coordonnées d'un même point-événement, dans S et $\underline{S}$ [6], $\underline{x}^a = x^a + i\chi^a x^4$, $\underline{x}^4 = x^4$, où $\chi^a = u^a/c$, u^a étant la vitesse galiléenne de $\underline{O}$ dans S et $c = 3^{10}$ cm/s.

---

[4] La notation $\vdots$ indique un déterminant.

[5] On l'exprime en écrivant que l'indicatrice des tensions $Q^{k'}_{j'} x^{j'} x^{k'} = \pm 1$ est de révolution autour de $O'x^{1'}$.

[6] Nous admettons que les solides obéissent à la loi des déplacements euclidiens. Mais on pourrait obtenir une théorie plus générale en utilisant le groupe des déplacements cayleyiens.

L'équation (5) s'écrit, dans $\underline{S}$,

$$(6)\qquad F^{\underline{a}} \equiv -g^{1'1'}\frac{dp_{(1)}}{dr}\frac{x^{\underline{a}}}{r} = -\frac{1}{2}\rho g^{\underline{a}\underline{q}}\partial_{\underline{q}} L g_{\underline{44}},$$

où $g_{\underline{44}} = g_{4'4'}(r^2)$. Il existe donc entre les $g^{\underline{a}\underline{q}}$ des relations nécessaires de la forme

$$(7)\qquad \boxed{g^{\underline{a}q} x^{\underline{q}} = \varphi(x^{\underline{s}})x^a} \qquad (\underline{a}, \underline{q}, \underline{s} = 1, 2, 3),$$

où $\varphi(x^{\underline{s}})$ est une fonction analytique des $x^{\underline{s}}$. On en déduit, en $\underline{O}$, et approximativement dans son voisinage, $g^{\underline{a}\underline{a}}(\underline{O}) = \varphi(\underline{O})$, $g^{\underline{a}\underline{q}}(\underline{O}) = 0$ $(a \neq q)$. Dans S, ces conditions donnent

$$(8)\qquad g^{11}(\underline{O}) = g^{22}(\underline{O}) + (x^1)^2 g^{44}, \qquad g^{22}(\underline{O}) = g^{33}(\underline{O}) \qquad \text{avec } g^{44} = 0.$$

Ces relations impliquent précisément la propagation ellipsoïdale des ondes du type II *qui rend compte des expériences dites de Relativité* [7].

GÉODÉSIE. — *Nouvelle contribution à la prospection gravimétrique de l'Algérie.* Note [1] de M. **Jean Lagrula**, présentée par M. Pierre Lejay.

Stations.	Longit. Est Greenwich. ° ′	Latit. ° ′	Altit. m	Densité.	g. gals	g_0. gals	g''_0. gals	γ_0. gals	$g_0-\gamma_0$. mgals	$g''_0-\gamma_0$. mgals	γ'_0. gals	$g_0-\gamma'_0$. mgals	$g''_0-\gamma'_0$. mgals
Akbou	4 32,4	36 27,9	315	2,5	918,787	918,884	918,851	918,855	+ 29	− 4	918,870	+ 14	−19
Ziama Mansouria	5 29,1	40,3	31	2,5	924	933	930	874	+ 59	+56	889	+ 44	+46
El Milia	6 16,9	45,3	86	2,6	913	940	931	881	+ 59	+50	896	+ 44	+35
Bou Naghra	6 20,4	59,5	614	2,7	868	919,057	987	901	+156	+86	916	+141	+71
Bessombourg	6 27,7	59,5	549	2,7	883	050	987	901	+149	+86	916	+134	+71
Tamalous	6 38,6	50,2	59	2,6	932	918,950	945	888	+ 62	+57	903	+ 47	+42
Aïn Abid	6 56,8	14,0	858	2,5	656	921	831	836	+ 85	− 5	851	+ 70	−20
Berraouïa	6 40,5	16,4	632	2,6	692	887	818	840	+ 47	−22	855	+ 32	−37
Les Lacs	6 31,2	35 53,3	792	2,6	615	860	773	806	+ 54	−33	821	+ 39	−48
Chateaudun-du-Rhumel	6 10,0	36 09,6	780	2,6	653	894	808	829	+ 65	−20	844	+ 50	−35
Bellaa	5 51,4	12,1	1007	2,6	604	914	804	833	+ 81	−29	848	+ 66	−44
Jemmapes	7 06,5	44,6	104	2,5	897	929	918	880	+ 49	+38	895	+ 34	+23
Bugeaud	7 40,4	54,7	862	2,6	765	919,031	937	894	+137	+43	909	+122	+28
Canal	7 35,8	47,2	13	2,4	919	918,923	922	883	+ 40	+39	898	+ 25	+24
Morris	7 55,1	45,7	8	2,4	914	917	916	881	+ 36	+35	896	+ 21	+20
Aïn Barbar	7 32,6	59,0	461	2,6	874	919,016	966	900	+116	+66	915	+101	+51
Cherka	7 17,7	51,7	15	2,5	948	918,953	951	889	+ 64	+62	904	+ 49	+47
Yusuf	8 23,3	47,2	36	2,4	904	914	911	884	+ 30	+27	899	+ 15	+12
La Calle	8 26,8	53,7	13	2,5	925	929	928	893	+ 36	+35	908	+ 21	+20
Bordj Ali Bey	8 12,2	51,2	29	2,4	932	941	938	889	+ 52	+49	904	+ 37	+34
Toustain	8 14,1	40,1	149	2,6	867	913	897	873	+ 40	+24	888	+ 25	+09
Lamy	8 06,5	30,3	307	2,6	812	907	874	859	+ 48	+15	874	+ 33	00
Ferme Boulu	8 00,3	36,6	170	2,6	861	914	897	868	+ 46	+29	883	+ 31	+14
Mondovi	7 45,2	41,2	15	2,4	911	916	914	875	+ 41	+39	890	+ 26	+24
Randon	7 50,9	42,2	23	2,4	901	908	906	876	+ 32	+30	891	+ 17	+15

[7] Cf. P. Dive, *Bulletin Astronomique*, **12**, 1, 1940, pp. 6-22; *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 273.

[1] Séance du 22 juillet 1946.

Stations.	Longit. Est Greenwich.	Latit.	Altit.	Densité.	g.	g_0.	g''_0.	γ_0.	$g_0-\gamma_0$.	$\gamma''_0-\gamma_0$.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.
	° ′	° ′	m		gals	gals	gals	gals	mgals	mgals	gals	mgals	mgals
Mafragh	7 57,3	50,5	3	2,4	938	939	939	888	+ 51	+51	903	+ 36	+36
Duzerville	7 44,5	48,3	13	2,4	928	932	931	885	+ 47	+46	900	+ 32	+31
Ouled Atallah	7 32,2	43,0	28	2,5	918	924	922	878	+ 46	+44	893	+ 31	+29
El Fedjoudj	7 30,2	34,3	490	2,6	793	945	891	865	+ 80	+26	880	+ 65	+11
Penthièvre	7 35,5	39,0	124	2,6	883	921	908	871	+ 50	+37	886	+ 35	+22
Saint-Joseph	7 45,5	35,0	46	2,6	872	886	882	866	+ 20	+16	881	+ 5	+01
Ferme Magrane	7 39,6	44,0	30	2,4	917	926	923	878	+ 48	+45	893	+ 33	+30
Oued Zied	7 36,2	50,0	15	2,4	922	927	925	887	+ 40	+38	902	+ 25	+23
Cap-de-Garde	7 47,3	58,1	124	2,5	944	982	969	899	+ 87	+70	914	+ 68	+55
Ben Ouada	3 09,3	37,1	47	2,5	888	903	898	869	+ 34	+29	884	+ 19	+14
Hammam Melouane	3 02,9	29,3	155	2,5	863	911	895	858	+ 53	+37	873	+ 38	+22
Blida	2 54,4	27,7	326	2,5	812	913	878	855	+ 58	+23	870	+ 43	+ 8
Souma	2 55,2	31,1	153	2,5	857	904	888	861	+ 43	+27	876	+ 28	+12
Ferme Charlier	3 17,5	40,2	48	2,5	913	928	923	873	+ 55	+50	888	+ 40	+35
Aïn Ksap	3 17,4	37,0	219	2,5	876	944	921	869	+ 75	+52	884	+ 60	+37
Keddara	3 28,9	37,6	391	2,6	853	974	931	870	+104	+61	885	+ 89	+46
Le Figuier	3 31,0	46,5	44	2,5	964	978	973	883	+ 95	+90	898	+ 80	+75
Aïne Mandoura	3 40,1	49,4	45	2,5	957	971	968	886	+ 85	+82	901	+ 70	+67
Haussonviller	3 50,0	44,8	187	2,5	919	977	957	880	+ 97	+77	895	+ 82	+62
Saint-Victor	2 27,9	32,6	98	2,5	879	909	899	862	+ 47	+37	877	+ 32	+22
Berinschel	2 20,5	38,3	20	2,5	951	957	955	871	+ 86	+84	886	+ 71	+69
Marceau	2 15,1	29,7	152	2,5	860	907	891	859	+ 48	+32	874	+ 33	+17
Hamman Righa	2 24,1	23,0	490	2,6	777	928	875	849	+ 79	+26	864	+ 64	+11
Bou Medfa	2 28,7	22,2	263	2,5	815	896	868	848	+ 48	+20	863	+ 33	+ 5
Oued Djer	2 34,0	25,3	144	2,5	856	900	885	852	+ 48	+30	867	+ 33	+18
Douaouda Marine	2 46,4	41,0	13	2,5	947	951	950	875	+ 76	+61	890	+ 75	+60
Sidi Ferruch	2 50,6	45,8	26	2,5	979	987	984	881	+106	+91	896	+103	+88
Mahelma	2 52,7	41,0	189	2,6	894	952	931	875	+ 77	+62	890	+ 56	+41
Quatre Chemins	2 56,9	37,8	40	2,5	894	906	902	870	+ 36	+21	885	+ 32	+17
Chréa	2 52,8	25,8	1530	2,6	560	919,033	866	853	+180	+13	868	+165	— 2
Camp-des-Chênes	2 46,2	21,9	377	2,6	791	918,907	866	847	+ 60	+19	862	+ 45	+ 4
Ferme en ruine	2 42,8	25,7	251	2,5	828	906	879	853	+ 53	+26	868	+ 38	+11
Serombak	2 35,6	33,5	60	2,5	887	906	900	864	+ 42	+36	879	+ 27	+21
Ferme Clément	2 45,2	35,8	24	2,5	899	906	904	867	+ 39	+37	882	+ 24	+22
Ferme Aubry	2 48,4	35,7	24	2,5	891	898	896	867	+ 31	+29	882	+ 16	+14

Les valeurs précédentes de l'intensité de la pesanteur ont été déterminées au moyen du pendule Holweck-Lejay de l'Observatoire d'Alger, en 1946. Des mesures de contrôle, au nombre de 17, en des stations-bases, ont permis d'éliminer la faible dérive instrumentale.

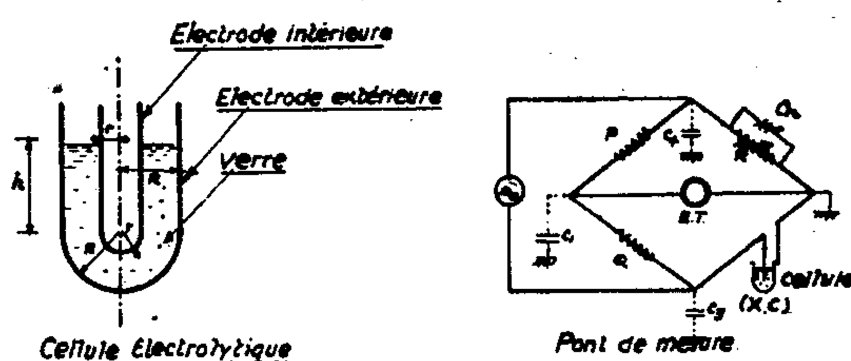
Les principaux résultats mis en évidence par ces mesures sont :

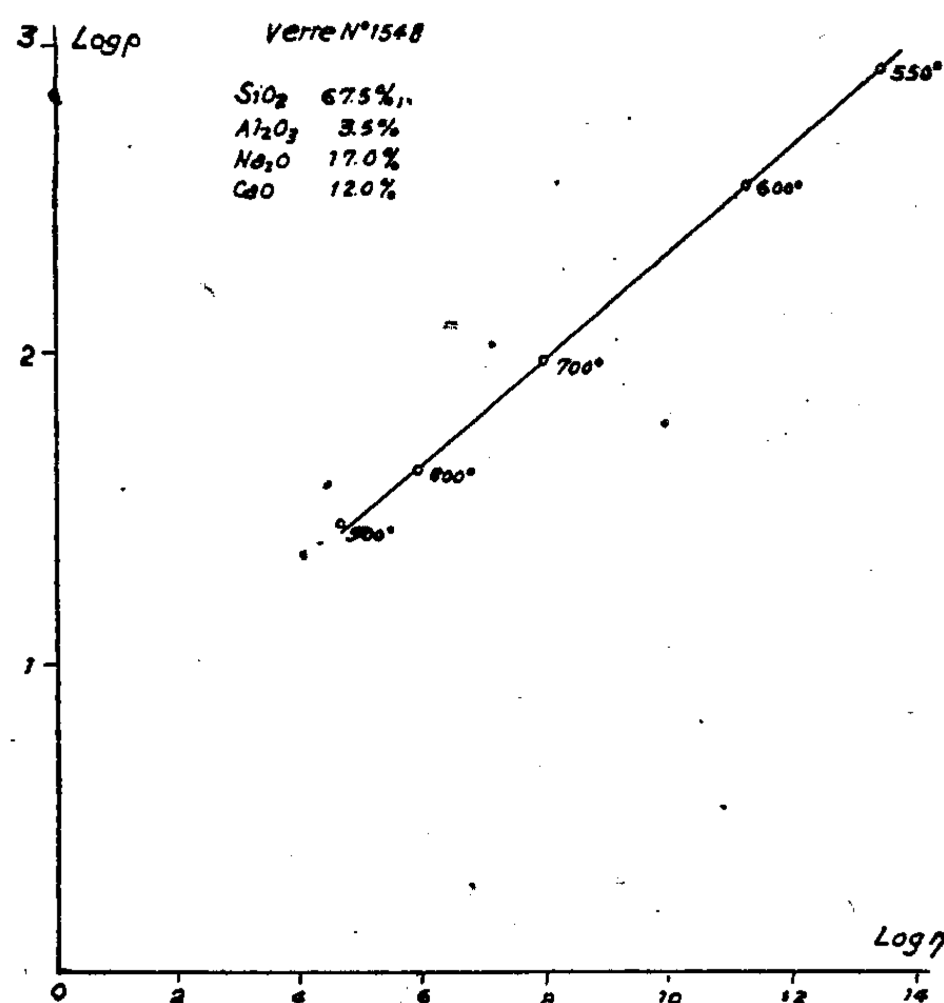
1° une anomalie négative correspondant au massif de l'Edough et dont l'interprétation semble devoir être cherchée dans les racines probablement profondes de ce massif;

2° une confirmation de l'anomalie négative découverte avant la guerre dans la plaine de la Mitidja. Le réseau dense entrepris dans cette région a été encore resserré et les résultats acquis doivent permettre le choix entre les interprétations proposées : passage sous la Mitidja de la chaîne calcaire, variations d'épaisseur des alluvions récentes, ou combinaison de ces deux hypothèses. Une discussion détaillée, tenant compte de l'anamorphose des anomalies locales produite par l'anomalie générale, à l'échelle de l'isostasie, sera publiée après l'achèvement des calculs relatifs aux corrections topographiques.

MESURES ÉLECTRIQUES. — *Sur la mesure de la résistivité électrique des verres.* Note (¹) de M. **Kinving Leung**, présentée par M. Camille Gutton.

La mesure de la résistivité électrique des verres présente un grand intérêt technique. Nous avons envisagé un procédé permettant ces mesures des verres portées à une température comprise entre 400 et 1000° C.





On forme deux électrodes en platine constituées par deux surfaces parallèles de révolution et centrées par rapport à un axe vertical. Chaque surface est formée par un tronc cylindrique se terminant par une demi-sphère de même rayon. Le verre est contenu entre les deux électrodes jusqu'à une hauteur h comptée à partir de la base du cylindre. La cellule est géométriquement définie par les deux rayons des électrodes R et r et par la hauteur h de l'électrolyte. La résistivité du verre ρ s'obtient en multipliant la résistance x

(¹) Séance du 22 juillet 1946.

de la cellule par l'inverse de la constante de la cellule K

$$\rho = \frac{1}{K} x;$$

1/K est compris entre deux limites

$$\frac{2\pi h}{L\left(\frac{R}{r}\right)} + \frac{2\pi R r}{R - r} = \frac{1}{K''} < \frac{1}{K} < \frac{1}{K'} = \frac{2\pi h}{L \frac{R(r+h)}{r(R+h)}}.$$

En prenant pour 1/K la valeur moyenne (1/K' + 1/K'')/2, l'erreur relative commise sera inférieure à

$$\varepsilon\% < \frac{\frac{1}{K'} - \frac{1}{K''}}{2\frac{1}{K''}} 100\%.$$

Elle est d'autant plus petite que la hauteur h est grande et les deux électrodes sont plus approchées. Nous avons en effet : $1/K' = 1/K''$ pour $h = 0$, et $\lim(1/K'')/(1/K') = 1$ pour $h = \infty$, et pour $R = r$.

Exemple numérique :

R (cm).	r (cm).	h (cm).	1/K moy.	Erreur rel. (%).
1,7	0,15	1	3 807	5,09
1,7	0,15	10	27 203	1,07
1,7	0,90	1	21 987	0,42
1,7	0,90	10	110 993	0,16

L'électrode extérieure est frettée par un tube en silice fondue; l'électrode intérieure est suspendue par une tige en silice fondue. La soudure chaude d'un couple Pt, Pt + 10 % Rh est logée à l'intérieur de celle-ci pour mesurer la température de la cellule.

La résistance de la cellule est mesurée au moyen d'un pont alimenté par un courant de fréquence de 1000 p/s, dont la condition d'équilibre est

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{X} = \frac{C + c_3}{C_n + c_4}, \qquad \text{d'où } X = \frac{Q}{P} R.$$

Le résultat de mesure effectuée pour quelques verres industriels qui contiennent de la silice, de l'alumine, de la soude etc., montre que :

1° Le logarithme de la résistivité est une fonction linéaire de l'inverse de la température absolue pour des températures comprises entre 500°C. et 800°C.

2° La relation $\eta = a\rho^b$ (a et b étant deux constantes) entre la résistivité ρ et la viscosité η est vérifiée dans l'intervalle de 500°C. à 800°C.

3° La polarisation des électrodes n'est plus négligeable quand la température dépasse 800°C. En effet, la capacité de la cellule, qui est de l'ordre de quelques centaines de pF aux environs de 400°C., atteint la valeur de 100 000 pF quand t dépasse 800°C. Si nous voulions étendre la mesure au-dessus de 800°C., il serait nécessaire, pour éliminer la polarisation, d'alimenter le pont avec un courant de fréquence supérieure à 1000 p/s.

ÉLECTRONIQUE. — *Chambres d'ionisation mobiles destinées à la mesure des rayonnements parasites nocifs émis dans les laboratoires de rayons* X *et de radioactivité.* Note (¹) de MM. **Lucien Mallet** et **Robert Maurin**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Le personnel des laboratoires où sont émis des rayonnements électromagnétiques (X ou γ) ou corpusculaires (électrons, protons ou neutrons) est fréquemment exposé à son insu à des radiations nocives. Dans le but de rechercher ces radiations parasites, nous avons établi une première méthode de mesures consistant dans l'emploi de petites chambres d'ionisation indépendantes, dont on charge à un potentiel fixe l'armature interne isolée, l'armature externe étant à la terre. La perte de charge de cette armature interne, sous l'influence des radiations, donne une mesure de la quantité de rayonnement reçue par la chambre.

La perte de charge spontanée représente une fraction très faible de la décharge totale en 24 heures sous l'influence du rayonnement.

La diversité des mesures auxquelles les chambres doivent se prêter exige un jeu de chambres de sensibilités variées.

Chaque chambre pourra suivant le cas être adaptée soit à la mesure de quantités importantes de rayonnements électromagnétiques ou corpusculaires, soit à la mesure de très faibles quantités de rayonnement. Des chambres de ce dernier type portées par des travailleurs exposés aux radiations, permettent en fin de journée de savoir si la quantité de rayonnement reçue reste tolérable.

Chaque chambre comporte deux parties essentielles :

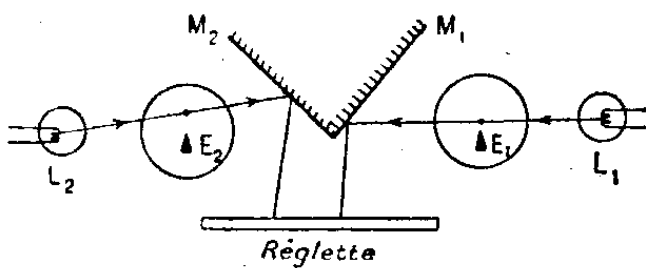
1° Une partie condensatrice assurant à tous les modèles de chambres des capacités du même ordre. Cette partie est située dans la région inférieure de la chambre; elle est constituée par une lame d'air ou de plexiglas séparant l'armature interne isolée de l'armature externe à la terre et jouant le rôle de diélectrique.

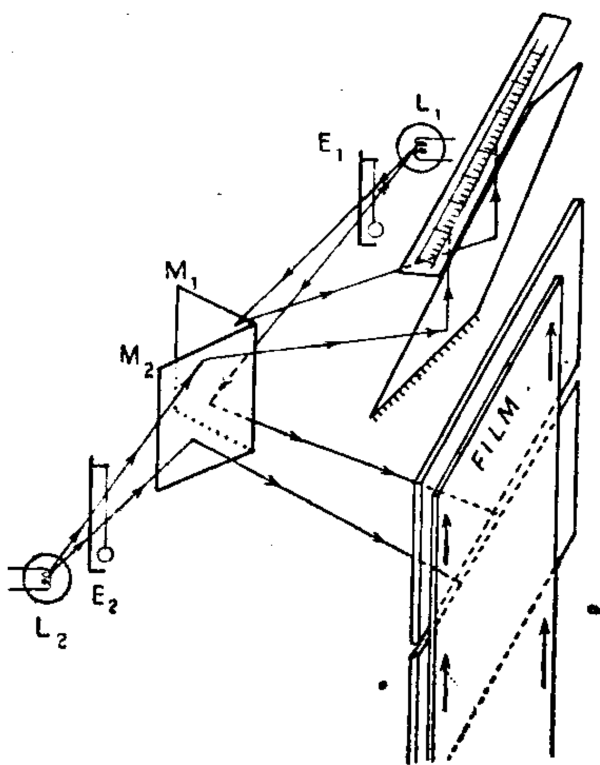
2° Une partie supérieure constituant la chambre d'ionisation proprement dite, celle-ci a un volume variable suivant la sensibilité demandée; elle est constituée par l'espace laissé libre entre la partie plane constituant le dessus de l'armature interne, et la partie plane formant le cylindre extérieur. Ce volume peut être occupé par de l'air ou toute autre substance susceptible d'être ionisée par le rayonnement à mesurer. Ces deux faces seront très près l'une de l'autre dans les chambres de faible sensibilité telles que A.1 et B.1 (ordre de plusieurs r). Dans les chambres de moyenne sensibilité A.2 et B.2 (ordre de 1 r), elles se trouvent plus écartées.

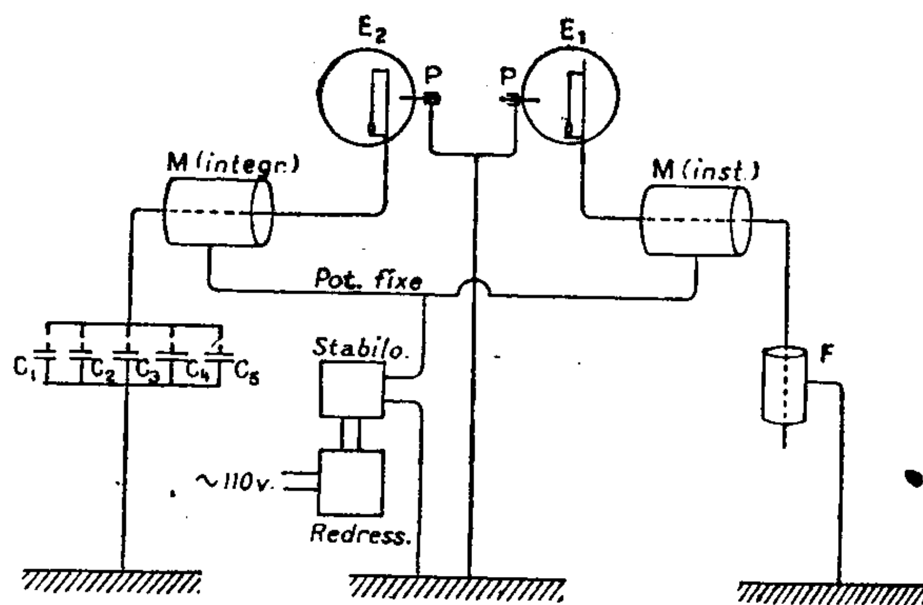
Enfin dans les chambres de grande sensibilité A.3 et B.3, pour les mesures de très faibles quantités de rayonnement (ordre de 1/10 de r) telles que celles

(¹) Séance du 17 juin 1946.

destinées à être portées par le personnel, la partie supérieure est de grand volume et il est nécessaire de placer dans l'axe une tige solidaire de l'armature interne isolée. Les dimensions de ces chambres sont de l'ordre de 2^{cm} de diamètre et 5 à 10^{cm} de longueur (type stylographe).







Les parois des chambres sont constituées par des substances de poids atomiques aussi faibles que possible : magnésium, aluminium ou matières organiques, dites parois d'air. Pour la mesure des neutrons on enveloppe l'extérieur des chambres d'une substance hydrogénée afin de favoriser l'ionisation par les protons.

L'orifice par lequel pénètre la tige de l'électromètre, pendant la charge de l'armature interne et la mesure de sa charge restante, est obturée au cours de l'exposition au rayonnement.

Ces diverses chambres, après avoir été chargées et étalonnées en une unité *r* par exemple, seront, les unes disposées en divers points des locaux de travail, et d'autres portées en permanence par le personnel. Le relevé des pertes de charge au cours et à la fin des heures de travail renseignera sur le rayonnement parasite dispersé. Nous avons, pour l'utilisation de ces petites chambres d'ionisation, réalisé un électromètre constitué par un redresseur oxymétal, branché directement sur le secteur, qui porte l'une des armatures d'un condensateur variable à un potentiel de 110 volts. Cette armature une fois chargée, est ensuite désolidarisée de l'oxymétal et reliée au fil de l'électromètre coiffé de la chambre que l'on désire charger. On règle la capacité variable de façon à

amener le potentiel de charge de l'armature interne de la petite chambre à une valeur toujours la même. Celle-ci repérée par la corde de l'électromètre est ensuite désolidarisée de la capacité variable. La lecture de la graduation, quand on rendra la corde à nouveau solidaire de l'armature interne de la chambre, après exposition de cette dernière aux rayons, donnera une mesure comparative des quantités de rayonnement reçues par la chambre.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur le caractère complexe de l'*oxychlorure trimercurique. Note de M. **Jules Lamure**, transmise par M. Paul Pascal.

L'oxychlorure $2Cl_2Hg, OHg$ prend naissance par action à froid de l'oxyde de mercure sur les solutions contenant un excès de Cl_2Hg (3 fois en poids au minimum, environ). La formation commence dès introduction avec l'oxyde fraîchement précipité et en solution concentrée; la dilution ne semble avoir d'autre influence que d'en faire varier la vitesse.

Pour l'avoir pur, il est nécessaire d'agiter dès l'introduction de l'oxyde [H. Pélabon (1)], faute de quoi, on l'obtient mélangé à $Cl_2Hg, 2OHg$, sans doute parce que, au contact de l'oxyde, la solution s'appauvrit localement en chlorure.

Pélabon (1), qui a étudié le système $Cl_2Hg—OHg—OH_2$ à 15°, signale que $2Cl_2Hg, OHg$ ne se forme pas au-dessus de 30°. En fait, dans l'étude du même système à 35 et 75°, S. Toda (2) et J. Lamure (3) n'ont pu le mettre en évidence. Ceci explique que les anciennes préparations de Roucher (4), Thümmel (5), Schoch (6), Driot (7) par action de solutions concentrées de sublimé sur l'oxyde à chaud n'en aient fourni qu'une quantité insignifiante, et lors du refroidissement seulement.

Cet oxychlorure est facilement décomposé par les acides, même dilués, et les solutions de soude ou de potasse : ces dernières donnant l'oxyde et d'autres oxychlorures plus riches en oxyde. On obtient une décomposition analogue avec les sels à réaction alcaline. Il n'est donc pas étonnant qu'on ne puisse le préparer par action des solutions de sels alcalins sur les solutions concentrées de Cl_2Hg; il se pourrait, cependant qu'il soit le premier terme passager de la formation des oxychlorures par action de la soude en très petite quantité ou des sels alcalins de faible acidité sur les solutions de chlorure mercurique (8).

(1) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 143.
(2) *J. Chem. Soc. Jap.*, **43**, 1922, p. 312.
(3) *Thèse*, Paris (sous presse).
(4) *Comptes rendus*, **19**, 1884, p. 773.
(5) *Arch. der Pharm.*, 3e série, **27**, 1889, p. 689.
(6) *Amer. Chem. Jour.*, **29**, 1903, p. 319.
(7) *Thèse*, Paris, 1911, p. 86.
(8) J. Lamure, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1392.

Couleur et état cristallin. — Bien que la plupart des auteurs lui assignent une couleur jaune clair, il est probable qu'il est incolore. En effet, si les cristaux, pris en masse, ont une coloration jaunâtre plus ou moins prononcée, vus isolément au microscope ils sont incolores. Un examen approfondi montre nettement de petits grains jaunes d'oxyde répartis irrégulièrement à l'intérieur. Ces inclusions paraissent favorisées par la lumière : les cristaux préparés à l'obscurité sont beaucoup moins colorés. Nous avons obtenu confirmation de l'influence de ces inclusions sur sa couleur en le préparant par action d'oxydes colorés peu solubles sur Cl_2Hg : avec l'oxyde rouge OHg, il a une teinte rose, avec ONi, il paraît gris métallique, avec $(HO)_2Ni$, il est vert pâle. D'autre part l'analyse de diverses préparations avec OHg donne toujours un rapport Hg/Cl nettement supérieur à la valeur théorique 0,75 et d'autant plus que le sel est plus jaune. De même, la densité est toujours supérieure à celle (6,4) indiquée pour le sel par différents auteurs anciens, et plus récemment par S. Gawrych ([9]) au moyen de l'étude des rœntgenogrammes. On peut retrouver la valeur précédente en tenant compte de l'oxyde inclus. Pour cette raison, Roucher ([4]) et Thummel ([5]) ne trouvaient jamais le pourcentage théorique de 18,6 %, mais une valeur variant de 16 à 21 %.

Le système cristallin est cubique à faces centrées ($a = 9{,}2$ Å) d'accord avec Gawrych ([9]). On peut le trouver sous trois formes différentes d'après Carozzi ([10]) : rhombododécaèdres, octaèdres et cubes : c'est la première que j'ai rencontrée habituellement. Signalons que Driot ([7]) le classait dans le système orthorhombique et pensait aussi qu'il contient des inclusions.

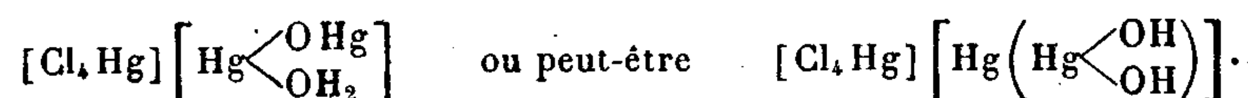
Essai de détermination de la constitution moléculaire. — L'hydrogène sulfuré détruit complètement le sel et précipite tout le mercure; la soude concentrée et le carbonate de sodium ont le même effet, surtout à l'ébullition. Bien plus significative est l'action ménagée de la soude diluée. J'ai agité à froid un poids connu du sel solide avec une petite quantité de soude de concentration variant de N/10 à N/100 et effectué l'analyse du filtrat : une partie notable du mercure et la majeure partie du chlore passent en solution. En répétant l'opération à plusieurs reprises, on arrive à faire passer en solution tout le chlore du sel. La quantité de mercure alors détachée correspond exactement au 1/3 du mercure contenu dans la prise. En ce sens, cet oxychlorure se sépare des autres. Il paraît donc probable qu'on peut admettre dans $2Cl_2Hg$, OHg le groupement $[Cl_4Hg]$ et, sans anticiper sur la liaison des atomes dans le reste de la molécule, lui donner la structure d'un mercuritétrachlorure correspondant à un hydroxyde complexe ou « condensé ».

Les analyses répétées paraissent prouver l'existence d'une molécule d'eau de constitution, malgré l'incertitude qui provient de la masse de la molécule.

([9]) *Roczniki Chem.*, 18, 1938, p. 217.
([10]) *Gazz. Chem. Ital.*, 56, 1926, p. 175.

L'action de la chaleur appuie cette supposition. Alors que les autres oxychlorures ne sont pas transformés à 200° et 400°, celui-ci change de couleur et d'aspect dès 100° en perdant progressivement du poids.

Il semble que nous puissions songer à lui attribuer la formule



$$[Cl_4Hg]\left[Hg\begin{matrix}\diagup OHg \\ \diagdown OH_2\end{matrix}\right] \quad \text{ou peut-être} \quad [Cl_4Hg]\left[Hg\left(Hg\begin{matrix}\diagup OH \\ \diagdown OH\end{matrix}\right)\right].$$

L'étude magnétochimique que je poursuis permettra, sans doute, de décider de la dissimulation des différents atomes.

En tous cas, cet oxychlorure se distingue nettement des autres; il se comporte comme un complexe analogue à ceux que donne le chlorure mercurique avec les chlorures alcalins : l'absence de coloration, l'action ménagée de la soude, celle de la chaleur le confirment.

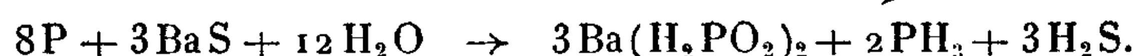
CHIMIE MINÉRALE. — *Sur une méthode nouvelle de préparation de l'acide hypophosphoreux.* Note (¹) de MM. **René Paris** et **Pierre Tardy**, présentée par M. Pierre Jolibois.

L'acide hypophosphoreux H_3PO_2 est pratiquement toujours préparé à partir des hypophosphites alcalins ou alcalino-terreux, ces derniers obtenus eux-mêmes par action du phosphore sur les hydroxydes ou sulfures correspondants, suivant des réactions du type



$$8P + 3Ba(OH)_2 + 6H_2O \rightarrow 3Ba(H_2PO_2)_2 + 2PH_3$$

ou



$$8P + 3BaS + 12H_2O \rightarrow 3Ba(H_2PO_2)_2 + 2PH_3 + 3H_2S.$$

On obtient ensuite l'acide par traitement du sel de baryum par l'acide sulfurique ou du sel de calcium par l'acide oxalique ou du sel de sodium par l'acide sulfurique et l'alcool.

Ces méthodes présentent toutes l'inconvénient d'être longues et délicates, en même temps qu'elles nécessitent l'emploi de phosphore blanc, dont un quart est volatilisé et perdu sous forme de PH_3 et dont une portion non négligeable passe à l'état de phosphite et de phosphate.

Aucun procédé d'obtention directe de l'acide hypophosphoreux n'a jamais été décrit à notre connaissance. Il ne semble en effet pas possible de s'arrêter à ce stade au cours de la réduction des composés plus oxydés du phosphore, ou inversement lorsqu'on soumet à l'oxydation les composés moins oxydés. Nous avons cependant mis en évidence la formation de cet acide au cours de l'oxydation ménagée du phosphure d'hydrogène gazeux PH_3 par les oxydants doux tels que H_2O_2, SO_2, les hypochlorites et les halogènes; il se forme néanmoins dans la plupart des cas des quantités plus ou moins importantes d'acides

(¹) Séance du 22 juillet 1946.

phosphoreux et phosphoriques. Le seul oxydant qui nous a permis d'obtenir uniquement l'acide hypophosphoreux est l'iode et la méthode que nous proposons comme la plus facile à mettre en œuvre est la suivante :

L'hydrogène phosphoré PH_3 est préparé par action de l'acide chlorhydrique ordinaire dilué de son volume d'eau sur du phosphure de calcium technique. Ce gaz est stocké dans un gazomètre à eau; tout l'appareillage ayant été mis en atmosphère de gaz inerte (azote — CO_2) avant la production de PH_3 pour écarter tout danger d'explosion.

Le gazomètre est ensuite mis en communication avec un ballon contenant une suspension d'iode dans l'eau en atmosphère de gaz inerte et placé sur une secoueuse. Au bout de trois ou quatre minutes d'agitation, la solution qui s'était fortement colorée en brun au début, par suite de la formation des anions I_3^-, devient incolore, ce qui caractérise la fin de la réaction :



$$PH_3 + 2I_2 + 2H_2O \rightarrow H_3PO_2 + 4HI,$$

on obtient ainsi à la température ordinaire un mélange d'acide iodhydrique et d'acide phosphoreux exempt de composés supérieurs d'oxydation. On soumet cette solution des deux acides à une distillation sous pression réduite (40^{mm} de Hg par exemple) pour éliminer (à 40° environ) la majeure partie de l'acide iodhydrique et l'eau, le reste étant éliminé par deux autres distillations semblables après avoir rajouté un peu d'eau chaque fois au résidu. Les différents distillats peuvent être réunis et traités par un oxydant, de l'eau de Javel, par exemple, pour récupérer complètement l'iode ayant servi à cette préparation.

Le résidu de la distillation est de l'acide phosphoreux pur. Nous avons en particulier constaté que sa neutralisation par du carbonate de sodium pur fournit un hypophosphite conforme aux exigences de la pharmacopée française. Ceci est d'autant plus remarquable que les produits utilisés dans la préparation de l'hydrogène phosphoré, c'est-à-dire le phosphure de calcium et l'acide chlorhydrique étaient des produits industriels courants.

Une telle méthode de préparation de l'acide phosphoreux est beaucoup plus rapide, plus économique et, à notre avis, moins dangereuse que les méthodes classiques. Si l'on doit travailler en atmosphère de gaz inerte du moins n'a-t-on plus à manipuler de phosphore blanc.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur le broyage dans l'eau des liants hydrauliques.* Note (¹) de M. **Louis Chassevent**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Nous avons indiqué précédemment (²) que les laitiers hydrauliques ne réagissent que très lentement avec l'eau tandis qu'ils sont rapidement attaqués

(¹) Séance du 22 juillet 1946.

(²) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 670.

par les solutions basiques et acides. Ces résultats nous ont conduit à supposer qu'il devait être possible de broyer des laitiers dans l'eau sans altérer leurs propriétés hydrauliques et qu'il suffirait ensuite de rendre basique la pâte de laitier pour qu'elle durcisse. Nous avons cherché à vérifier expérimentalement cette hypothèse dans l'espoir d'éviter ainsi certaines difficultés rencontrées dans la fabrication habituelle des ciments à base de laitiers par broyage à sec.

Nous avons donc broyé, dans des broyeurs à boulets, des laitiers d'une part à sec et d'autre part dans l'eau, puis nous avons comparé les produits obtenus suivant les méthodes décrites précédemment ([2]).

Le broyage dans l'eau a fourni des laitiers plus fins et réagissant plus vite en milieu basique que ceux obtenus par broyage à sec. Ces différences, déjà très importantes avec les laitiers de fabrication récente, étaient particulièrement grandes avec des laitiers qui étaient restés exposés aux intempéries pendant des années et s'agglomeraient par broyage à sec, ainsi que le montrent les résultats suivants :

Broyage d'un laitier industriel granulé de fabrication récente ([3]).

Durée du broyage.	Finesse : poids % de grains de $d>50\,\mu$.	$50>d>25\,\mu$.	$d<25\,\mu$.	Élévation de température par réaction avec la soude ([2]) après 100 mn.	200 mn.	300 mn.
1 heure à sec	19,9	36,6	43,5	3°,2	7°,7	12°,5
1 » dans l'eau	3,3	36	60,7	–	–	–
4 heures à sec	2,4	20,9	76,7	–	–	–
4 » dans l'eau	0,2	1,8	98	19,2	34,8	–
id. et conservé 7 jours dans l'eau avant l'emploi				1,3	15	34,6

D'autre part un laitier industriel de fabrication ancienne et ayant été exposé aux intempéries pendant plusieurs années ([4]) contenait, après 8 heures de broyage à sec, 43,9 % de grains de plus de 25 μ. En poursuivant le broyage pendant une heure à sec, puis pendant une heure dans l'eau, le pourcentage de grains de plus de 25 μ a été réduit à 13,9 % et les résistances à la compression 6 heures après gachage avec de la soude sont passés de 60 à 307 kg/cm².

Nous avons par la suite étudié le broyage dans l'eau des mélanges de laitiers et de sulfate de calcium afin de préparer des ciments métallurgiques sursulfatés. La pâte résultant du broyage était filtrée ou décantée afin d'éliminer l'excès d'eau, le broyage exigeant une quantité d'eau supérieure à celle qui doit rester dans la pâte pour qu'elle durcisse convenablement. Le durcissement était déclenché en rendant la pâte basique par addition de ciment artificiel ou de

([3]) *Composition* : Perte au feu 1,1 %; SiO_2 32,1; Al_2O_3 15,1; FeO 1,08; MnO_2 1,9; CaO 43,6; MgO 4,5; S 1,2 %.

([4]) *Composition* : Perte au feu 9,7 %; SiO_2 25,6; Al_2O_3 et Fe_2O_3 16,7; CaO 40,2; MgO 5 %.

chaux en petite quantité. Nous avons ainsi obtenu des liants en employant du sulfate de calcium non seulement à l'état d'anhydrite, mais également à l'état de gypse, évitant ainsi la cuisson préalable du gypse à haute température qui est effectuée couramment dans la fabrication des ciments sursulfatés par broyage à sec. Ces ciments, obtenus par broyage dans l'eau, durcissaient à une vitesse suffisante pour que l'on puisse envisager leur emploi dans l'exécution de nombreux travaux, ainsi que le montrent les résultats suivants :

1° Mélange 84,5 % de laitier et 15,5 % de gypse broyés dans l'eau. Addition de 4,9 % de ciment artificiel en poudre. Résistances à la compression d'éprouvettes en pâte pure : à 2 jours 180 kg/cm²; à 7 jours 335; à 28 jours 500 kg/cm².

2° Mélange 86,2 % de laitier et 13,8 % d'anhydrite broyés dans l'eau. Addition de 2,36 % de ciment artificiel. Résistances à la compression d'éprouvettes en mortier : à 3 jours 137 kg/cm²; à 6 jours 286; à 28 jours 400 kg/cm².

La fabrication de ces ciments présenterait actuellement un intérêt particulier du fait qu'elle n'exigerait que peu de combustible et de force motrice. En effet certains ciments, que nous avons préparé par broyage dans l'eau, étaient constitués par plus de 95 % de produits n'exigeant aucune cuisson. En outre leur broyage consommait moins d'énergie que le broyage habituel et à sec des ciments. Par contre il convient de remarquer que l'élimination de l'excès d'eau de la pâte, entre le broyage et l'emploi, est une opération onéreuse et délicate qu'il serait nécessaire de contrôler avec soin dans les centrales à béton pour obtenir un durcissement régulier et suffisant.

Afin de compléter l'étude du broyage dans l'eau des liants hydrauliques, nous avons également appliqué cette méthode aux ciments artificiels. Mais, nous avons alors rencontré plus de difficultés qu'avec les laitiers, du fait que les ciments artificiels restent peu de temps au contact de l'eau avant de réagir. Aussi nous avons en général obtenu, avec des ciments artificiels, des masses moins résistantes par broyage dans l'eau que par broyage à sec.

En résumé les résultats obtenus en broyant les liants hydrauliques dans l'eau permettent d'espérer que l'on pourra ainsi éviter certaines difficultés rencontrées dans la fabrication des ciments à base de laitier par broyage à sec. En particulier la préparation, dans des centrales à béton, de ciments sursulfatés par simple broyage dans l'eau de laitiers et de gypse ou d'anhydrite pourrait permettre d'économiser du combustible et de l'énergie électrique dans l'industrie des liants hydrauliques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Alcoylation de quelques cétones par l'amylate tertiaire de sodium.* Note de MM. **Gustave Vavon** et **Jean Conia**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une précédente Note sur l'alcoylation des cétones à l'aide de l'amylate de sodium, nous avons étudié la facilité de condensation des cétones sodées sur

elles-mêmes et comparé l'activité des divers alcoylants. Guidés par les résultats ainsi obtenus nous avons pu réaliser les alcoylations ci-dessous qui *n'avaient pu l'être jusqu'ici.*

Mode opératoire. — Dans une solution toluénique d'une molécule de cétone et une d'alcoylant, on fait tomber goutte à goutte une solution toluénique d'une molécule d'amylate. Le mélange est refroidi dans la glace et agité mécaniquement. Pour terminer la réaction on chauffe au bain-marie pendant un temps variable suivant le cas; après refroidissement, on traite par l'eau, décante la partie organique qu'on sèche sur $CaCl_2$ et rectifie. Si l'alcoylant est un sulfate, il est préférable, avant la rectification, de décomposer ce qu'il peut en rester par la soude alcoolique.

Les rendements donnés ci-dessous sont calculés compte tenu de la cétone de départ récupérée. Les constantes de l'*o*-éthyl, de la diéthyl cyclohexanone et de l'allylacétophénone ont été établis sur des échantillons purifiés par l'intermédiaire de la semicarbazone.

1° Benzylation de la benzylacétone par le bromure de benzyle. — A partir de 26^g de benzylacétone, on a obtenu 3^g de cétone de départ, 22^g d'$\alpha.\alpha$-dibenzylacétone et 8^g de résidu (Rdt 60 %). L'$\alpha.\alpha$-dibenzylacétone ainsi obtenue est un liquide visqueux $É_{15}$ 192-194°; n_D^{21} 1,5543; D_4^{21} 1,033; Rm calculée 73,55; trouvée 73,85; oxime F 75°.

2° Éthylation de la cyclohexanone par le sulfate diéthylique. — 98^g de cyclohexanone donnent après rectifications : cétone de départ récupérée 24^g cyclohexanone et monoéthylcyclohexanone 11^g, monoéthylcyclohexanone 42^g (Rdt 43 %), mono- et diéthylcyclohexanone 15^g, diéthylcyclohexanone 10^g, résidu 12^g.

Ortho-éthylcyclohexanone. — $É_{12}$ 67°; n_D^{15} 1,4543; D_{15}^{15} 0,922; semicarbazone F 162-163°.

$\alpha.\alpha$-diéthycyclohexanone, odeur de menthe. $É_{16}$ 95-97°; n_D^{17} 1,4652; D_{17}^{17} 0,921. Rm calculée 46,21; trouvée 46,27; semicarbazone F 191-193°.

3° Isopropylation de la cyclohexanone par le sulfate diisopropylique. — A partir de 40^g de cyclohexanone, on a obtenu : cétone de départ récupérée 6^g, cyclohexanone et isopropylcyclohexanone 3^g, *o*-isopropylcyclohexanone 14^g (Rdt 30 %), mono- et diisopropylcyclohexanone 11^g, résidu 8^g.

Ortho-isopropylcyclohexanone. — Les constantes observées cadrent avec celles de la littérature. $É_{17}$ 83°; n_D^{15} 1,4564; D_4^{16}0,922; semicarbazone F 180°.

4° Allylation de l'acétophénone par le bromure d'allyle. — *a. Monoallylation.* — 60^g d'acétophénone ont conduit à : cétone de départ récupérée 20^g, mono-allylacétophénone 31^g (Rdt 58 %) di- et triallylacétophénone 17^g, résidu 6^g.

Allylacétophénone. — $É_{16}$ 125-127°; n_D^{17}1,5332; D_4^{17} 1,003. Rm calculée 48,96; trouvée 49,50; semicarbazone F 155-157°; oxime F 53°.

b. Triallylation en une seule expérience. — L'amylate est un agent de sodation quasi immédiat; mais il réagit très lentement avec des réactifs tels que le bromure d'allyle. Il peut permettre de polyalcoyler, en une seule expérience, une cétone possédant plusieurs H mobiles.

Dans une solution xylénique de 1^{mol} d'acétophénone et 3^{mol} de bromure d'allyle, on introduit 3^{mol} d'amylate xylénique. Après un chauffage de 2 heures, l'alcool amylique est chassé par distillation; on réintroduit 1^{mol} d'amylate et chasse de nouveau l'alcool avant l'introduction nouvelle de 1^{mol} de bromure d'allyle. Après un chauffage de 3 heures et la reprise à l'eau, on opère comme précédemment.

12g d'acétophénone ont ainsi conduit à 17g de triallyl-acétophénone (Rdt 70 %).

Triallyl-acétophénone. — Elle a pour constantes : $É_{18}$ 174-176°; n_D^{17} 1,5366; D_4^{17} 0,986; Rm calculée 75,75; trouvée 75,87; oxime F 138-139°.

Il convient de rapprocher des résultats ainsi obtenus, ceux que donne l'amidure de sodium : la benzylacétone (1) en présence de ce dernier, se condense sur elle-même au fur et à mesure de sa sodation et n'a donc permis aucune alcoylation; la cyclohexanone, si elle a pu être méthylée, allylée et benzylée par la méthode de Haller, a conduit, en ce qui concerne l'éthylation (2) par l'iodure à 70 % à des produits résineux; à plus forte raison n'a-t-elle pu être isopropylée; quant à l'allylation de l'acétophénone (3) elle a abouti à une condensation totale de la cétone sur elle-même.

On voit donc l'avantage de l'amylate comme agent de sodation des cétones instables et de l'emploi d'alcoylants suffisamment réactifs.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouveau procédé de séparation et de dosage des polyols au moyen d'entraîneurs sélectifs.* Note de MM. **Léon Palfray**, **Sébastien Sabetay** et Mlle **Gabrielle Libmann**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans de nombreux produits industriels on se trouve en présence de mélanges plus ou moins complexes de polyols où figurent spécialement : le glycol, le propylèneglycol, le triméthylèneglycol, le diéthylèneglycol, le glycérol, et même des hexols tels que le mannitol et le sorbitol, sans compter les sucres proprement dits. Tels sont en particulier les eaux glycérineuses, les mélanges antigels, les lubrifiants, les excipients pharmaceutiques ou cosmétiques.

Il existe plusieurs méthodes chimiques de dosage, fondées principalement, d'une part sur l'oxydation de ces polyols, d'autre part sur leur acétylation; ces méthodes ont été décrites dans divers ouvrages ou périodiques récents (1). Quant aux méthodes physiques signalons celles qui nous ont particulièrement intéressé. M. Lecat a étudié l'azéotropie des polyols au point de vue théorique sans en faire des applications analytiques (2), H. Lamprey, E. E. Sommer et A. D. Kiffer (3) ont étudié le cas de l'éthylèneglycol dans un antigel, soit seul, soit en présence de glycols à point d'ébullition élevé. Ils isolent ce polyol par

(1) A. Haller et Bauer, *Ann. Chim. Phys.*, **28**, 1913, p. 408.
(2) A. Haller, *Comptes rendus*, **156**, 1912, p. 1199.
(3) A. Haller et Bauer, *Comptes rendus*, **158**, 1914, p. 825.

(1) P. Desnuelle et M. Naudet, *Nouvelles études sur les glycérines de savonnerie*, Marseille, 1945.
(2) Grignard, *Traité de Chimie organique*, **1**, pp. 168-194.
(3) *Ind. Eng. Chem. Analyt. Ed.*, **12**, 1940, pp. 526-527.

distillation avec du xylène et l'identifient par ses propriétés physiques. En l'absence d'autres antigels à point d'ébullition élevé, l'isolement est quantitatif.

Les méthodes chimiques étant laborieuses et pas toujours satisfaisantes, nous avons cherché à utiliser une méthode physique permettant à la fois une séparation et un dosage des mélanges complexes de polyols, fondée spécialement sur l'entraînement sélectif au moyen d'entraîneurs variés.

L'appareillage que nous avons employé consiste en un ballon, muni d'un tube de Dean et Stark à robinet comme celui qu'on emploie pour les dosages de l'humidité, le tube étant surmonté d'un réfrigérant à reflux. Aux polyols utilisés pour l'expérience nous ajoutons 100^{cm^3} de l'entraîneur choisi, cyclohexane ou térébenthine, et nous chauffons à l'ébullition. Le polyol entraîné s'accumule au fur et à mesure au bas du tube latéral ou il peut être mesuré. L'expérience est considérée comme terminée lorsque le niveau du polyol ne varie plus dans le tube à robinet. Grâce au robinet, on peut isoler le polyol entraîné et le caractériser par ses propriétés physiques : spécialement par l'indice de réfraction.

Nous avons d'abord cherché comment se comportaient ces entraîneurs à l'égard de chaque polyol pris isolément. Nous avons traité successivement les polyols énumérés ci-dessus et nous avons trouvé que :

Le cyclohexane entraîne complètement : l'éthylèneglycol, le propylèneglycol, le triméthylèneglycol.

La térébenthine entraîne quantitativement tous les polyols déjà énumérés, y compris le glycérol et le diéthylèneglycol à l'exclusion des hexols tels que le mannitol et le sorbitol et des sucres.

Nous avons pris alors un groupe de deux polyols mis en présence de cyclohexane : le glycol, le propylèneglycol et le triméthylèneglycol sont séparés du glycérol et du diéthylèneglycol.

Un cas particulier est celui du mélange glycérol, triméthylèneglycol, inapte, tel quel, à la fabrication de la dynamite. Par entraînement au cyclohexane, on débarrasse ce mélange du triméthylèneglycol.

Nous avons pris ensuite un groupe de trois polyols, toujours en présence de cyclohexane :

le glycol est séparé du couple glycérol et diéthylèneglycol;

le glycérol est séparé du couple triméthylèneglycol et propylèneglycol.

Nos essais ont été poursuivis sur des mélanges tels que : eau glycérineuse, produits cosmétiques et pharmaceutiques et mélanges synthétiques.

Une application pratique de notre méthode a été faite à des mélanges d'eau et de glycérol, associés à un corps tel que l'acide stéarique. La térébenthine entraîne quantitativement l'eau et le glycérol et par conséquent en prenant la densité et l'indice de réfraction du mélange entraîné, et en consultant la table d'indices et densités d'un mélange glycérolé, en fonction de la teneur en glycérol, on obtient les quantités respectives d'eau et de glycérol.

Des résultats satisfaisants ont été obtenus avec des excipients contenant de l'eau, de la stéarine partiellement saponifiée et 4, 10, 20 et 40 % de glycérol.

De même, nous avons pris des mélanges des polyols déjà énumérés et d'hexols tels que mannitol et sorbitol, connus comme succédanés des glycols et du glycérol. La térébenthine entraîne quantitativement tous les polyols à l'exclusion des hexols : les résultats comportent une précision suffisante pour les dosages industriels, mais la technique est beaucoup plus rapide.

En résumé, nous avons mis au point une nouvelle méthode de séparation et de dosage des polyols, soit seuls, soit faisant partie de mélanges plus ou moins complexes, au moyen d'un entraîneur sélectif. Cette méthode simple et rapide pourra rendre des services, en particulier pour des dosages en série.

Nous espérons par un perfectionnement de notre appareillage (emploi d'un appareil rodé, longueur variable de la colonne) pouvoir encore augmenter la précision de notre procédé.

Un travail détaillé paraîtra dans un autre Recueil.

GÉOLOGIE. — *Découverte d'une industrie à éclats du niveau de 45ᵐ à Râs-Beyrouth (Liban) et position relative du Levalloisien.* Note [1] de M. **Henri Fleisch**, présentée par M. Charles Jacob.

1° La butte cénomanienne du Cap de Beyrouth est marquée aux environs de la cote 45ᵐ par un large palier, sur lequel P. A. Bergy [2] a trouvé, dans des dépôts alluvionnaires, une industrie à éclats de faciès levalloisien ancien. L. Dubertret [3] y situe le niveau de 45ᵐ, d'après la morphologie, sans citer de formation de plage.

A une vingtaine de mètres du rivage présumé, entre les cotes 50ᵐ et 53ᵐ, nous avons observé, sur un front de 150ᵐ de long, une brèche de pente, compacte, à éléments calcaires et surtout de silex, en grande partie anguleux. La pâte, rougeâtre à gris-clair, rappelle des croûtes; elle renferme de petits Polypiers, de petites coquilles de mollusques marins et de rares grains de quartz. Il s'agit nettement [4] d'une brèche de pente qui a fait prise à proximité de la mer, en dehors de l'eau.

Elle contient de nombreux silex taillés, non roulés, dont l'ensemble représente, malgré sa grande variété, l'industrie d'une époque donnée, vu l'unité de la stratigraphie. Mais il est difficile de donner à cet ensemble la désignation d'une typologie connue; ce sont des éclats sans bifaces, sauf une pièce épaisse

---

(1) Séance du 17 juillet 1946.

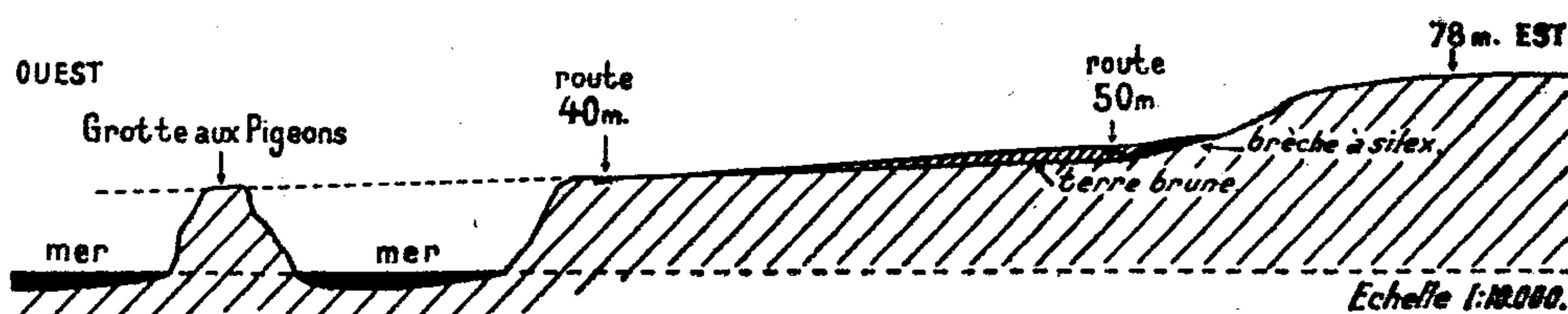
(2) *Mélanges de l'Université Saint-Joseph*, Beyrouth (Liban), 16, 1932, v, pp. 193-199.

(3) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1009.

(4) Sur ce point précis, nos observations ont été vérifiées par MM. C. Arambourg et L. Dubertret. Nous les en remercions spécialement.

à court tranchant latéral. Les uns portent les marques d'une taille que l'on pourrait dire levalloisienne, d'autres d'une taille clactonienne, d'autres, et ce sont les plus nombreux, d'une taille toute différente. Il ne peut être question de Tayacien, car les éclats sont trop bien travaillés et différenciés. Ces silex sont de toutes les dimensions, du plus petit au plus gros, avec une forte proportion d'éclats robustes et épais. On y retrouve des formes connues : éclat allongé à tranchant latéral rectiligne, pointe à deux pans; des formes qui étonnent à une époque si reculée; grattoir sur bout, que l'on peut dire caréné, un petit grattoir concave au bout d'un éclat aminci à 2 ou 3^{mm} d'épaisseur; des formes spéciales : un énorme *hachoir*, une pointe d'angle faite par la rencontre de deux enlevures sous un angle de 82°; des particularités de taille : éclats prélevés avec le cortex, donc sans épanelage du rognon de silex; plan de frappe réduit par une retaille; base allégée, rétrécie, comme pour une emmanchure.

La seule dénomination que nous puissions donner, pour le moment, à cette industrie complexe, est celle-ci, générale, d'*ancienne industrie à éclats*.



Cette découverte ajoute un chaînon à la succession des industries préhistoriques datées stratigraphiquement. La seule, plus ancienne, connue sur le littoral libano-syrien, est celle trouvée par J. Haller (5) sous la nappe d'alluvion de Zrharta, nappe qui correspond au remblayage du niveau de 45^m; elle a été rapportée au Tayacien, industrie à éclats très simples et petits.

2° La brèche de pente du niveau de 45^m a été recouverte ultérieurement par des dépôts continentaux, terreux et calcaires, emballant des débris de silex ainsi qu'un abondant outillage de silex taillés aux formes connues du Levalloisien : éclats ovales bien égalisés, racloirs triangulaires; racloirs convexes conservant le cortex sur le côté opposé à cette partie active; éclats allongés, rectangulaires, à tranchant latéral; une forme originale : le rabot. Ces éclats sont, en très grande majorité, lourds, épais, massifs, quoique souvent fort bien travaillés. Ils indiquent nettement du Levalloisien ancien.

3° Dans les terrains dunaires au Sud de Beyrouth, on ne rencontre ni l'industrie du niveau de 45^m, ni ce Levalloisien ancien, ni celui, très fruste, trouvé par P. Bergy sur le palier d'érosion du niveau de 45^m, mais à profusion du Levalloisien très évolué et du Levalloiso-Moustérien. Cette répartition

(5) R. Wetzel et J. Haller, *Notes et Mémoires*, Sections Géologique, Beyrouth, 4, 1945, p. 28.

indique une nouvelle corrélation possible entre les industries lithiques et les formations quaternaires.

Les rapports qu'il est possible d'établir à Beyrouth entre les industries humaines et les formations quaternaires, en font un des sites préhistoriques les plus intéressants de la Méditerranée Orientale.

BOTANIQUE. — *Sur un groupe de* Celtis *dioïques des forêts denses de Madagascar et de l'Afrique Équatoriale*. Note de M. **Jean-François Leroy**, présentée par M. Auguste Chevalier.

En 1887, J. G. Baker décrivait, d'après un échantillon de Baron (n° 3697) une Ulmacée-Celtidoïdée, prétendue nouvelle, sous le nom de *Celtis gomphophylla*. C'était la première fois que le genre était signalé à Madagascar.

Cependant, près d'un demi-siècle auparavant, des rameaux que nous rapportons à cette espèce avaient été récoltés par Richard (1840), Pervillé (1841), Boivin (1847-1852), dans les îles volcaniques du nord-ouest de Madagascar (Nossi-Bé, Comores). L'espèce portait alors le nom de *Sponia integrifolia* Boivin qui devait devenir, par suite de rectification synonymique, *Trema integrifolia* Baillon, dans l'Histoire des Plantes de Madagascar (Atlas II, Pl. 292, 1890). Il n'est pas douteux qu'il s'agisse d'un Celtis identique à celui décrit par Baker, mais le binôme créé par celui-ci doit malgré cela être maintenu, pour éviter toute confusion avec le *Celtis integrifolia* Lamarck, espèce africaine bien différente.

Depuis, des spécimens que nous rattachons toujours à cette même espèce, n'ont cessé d'être rassemblés dans notre Herbier National, par G. Cours (n° 1222) et H. Perrier de la Bâthie (n°s 5520, 2073, 15142, 2146, 2179, 15057).

Le *Celtis gomphophylla* est un grand arbre qui peut atteindre ou dépasser 25^m de hauteur, à feuilles caduques ou persistantes, particulièrement intéressant du double point de vue botanique et biogéographique. Il s'agit en effet, d'après les notes de H. Perrier de la Bâthie accompagnant certains échantillons, d'une plante dioïque. Cette observation des plus précieuses (les Celtis sont généralement monoïques-polygames) n'est pas démentie par l'examen minutieux de tout le matériel sec que nous possédons. Mais il y a plus.

Un Celtis, dit dioïque, a été signalé déjà de l'autre côté du canal de Mozambique, en Rhodésie, par Swynnerton, nommé par S. Moore en 1911, *Celtis dioïca*, et rangé depuis par Rendle (1917) dans la synonymie de *Celtis Durandii* Engl.

La dioécie présumée chez le Celtis malgache et chez le *Celtis Durandii*, la contiguïté de leurs aires respectives de répartition, nous ont amené à les mettre en parallèle. L'examen externe et l'étude comparée des structures de ce groupe de plantes ne font ressortir aucune différence essentielle.

Arbres des plus grands, à feuilles glabres et entières, parfois légèrement dentées vers le sommet, à fruits également glabres avec deux *stigmates linéaires non divisés*, probablement dioïques, ces Celtis sont de même bien caractérisés anatomiquement par l'absence de mucilages, et par la présence de plages, parfois très vastes dans les feuilles âgées et suivant les conditions de milieu, de concrétions cystolithiques épidermiques sur le côté supérieur (= interne) des feuilles, notamment autour de poils tecteurs microscopiques; les faisceaux vasculaires foliaires sont identiques entre eux.

Les matériaux sont encore insuffisants pour permettre une étude complète et certains caractères appellent une révision ultérieure qui pourra offrir le plus grand intérêt : c'est ainsi que le spécimen n° 2179 qui semble bien appartenir à l'espèce en question présente certaines aberrations très curieuses : les fleurs sont mâles, avec un pistillode hypertrophié, 5-6 sépales et des étamines en surnombre : 5, 6, 7, exceptionnellement 10.

Les fleurs de certaines Ulmoïdées peuvent posséder des étamines nombreuses, mais jusqu'à présent on ne connaissait pas de Celtidoïdées ainsi caractérisées. Cela renforce peut-être l'homogénéité de la famille, mais ne laisse pas de poser des problèmes d'ordre général concernant l'origine et l'évolution des Apétales. On peut suggérer aussi que la diœcie, inconnue dans le genre et rare dans la famille, représente ici un stade de transition où la stabilité florale n'est pas encore retrouvée, quel que soit d'ailleurs le sens de l'évolution : ce qui expliquerait certains individus aberrants.

Le *Celtis gomphophylla* a une aire extrêmement intéressante : il est caractéristique des forêts du Sambirano et de la vallée du Bémarivo qui fait partie du même domaine phytogéographique, abondant à Nossi-Bé et au Comores (Mayotte, Mohély). Il descend, mais modifié, jusque vers le Lac Alaotra, et à l'Ouest jusque dans le Ménabé. Ce dernier secteur, quoique moins arrosé, l'est encore considérablement. L'espèce a dû avoir une beaucoup plus large distribution dans la Grande Ile autrefois.

En Afrique, le *Celtis Durandii*, et sa variété *Ugandensis*, s'étendent dans toute la région équatoriale : forêts des montagnes du Kenya, Ouganda, Afrique Orientale allemande, Rhodésie, Angola, Congo, Cameroun, depuis le niveau de la mer jusqu'à des altitudes de (800^{m} à Madagascar) 1000-1200^{m}. Il gagne même la Côte d'Ivoire, mais y reste rare (Aubréville) : c'est la limite extrême de son aire.

La considération, d'une part, de l'unité phylogénétique de cet ensemble singulier de plantes dont la parenté est extrêmement étroite, d'autre part, de leur distribution géographique, aboutit à renforcer l'hypothèse suivant laquelle des connexions terrestres africano-malgaches ont dû encore exister à une époque relativement peu ancienne que l'on peut situer avec la plupart des biogéographes, vers la fin de l'ère tertiaire. Il nous paraît assez peu probable que les oiseaux migrateurs, quoique se nourissant abondamment des fruits, aient pu réussir, dans les conditions voulues, à transporter des graines au delà du canal de Mozambique. L'hypothèse est cependant possible.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les chromocentres rattachés aux nucléoles dans les noyaux euchromocentriques et sur une distinction à faire parmi ces noyaux.* Note (¹) de M. **Pierre Dangeard.**

La distinction des noyaux euchromocentriques établie autrefois par Grégoire (1932) a été l'origine de travaux très intéressants sur cette catégorie de noyaux. A l'épreuve toutefois, la définition originelle du savant belge s'est trouvée d'une application parfois délicate comme lorsqu'on a dû constater que certains noyaux de ce type possédaient un nombre de chromocentres, soit très inférieur, soit nettement supérieur au nombre diploïde des chromosomes. D'autre part la mitose de ces noyaux s'est révélée assez diverse, en comparaison du type assez uniforme qui lui était assigné au début. Enfin, bien que l'École de Grégoire ne le mentionne pas, il est apparu qu'il existait, dans certains noyaux du type euchromocentrique, des chromocentres accolés au nucléole ou même rattachés à lui (P. Dangeard, 1936-37; Gavaudan, 1937; Guilliermond et Gautheret, 1937; Guilliermond, 1938; Mlle Delay, 1939). Un très bel exemple de ces relations entre chromocentres et nucléole nous est fourni par les noyaux de *Tropæolum majus* car, dans cette plante, des chromocentres annexés au nucléole se voient facilement dans les observations vitales (²); nous avons même pu constater que, dans la Capucine, les chromocentres périnucléaires sont particulièrement visibles et qu'ils se colorent, après fixation, soit par l'hématoxyline ferrique, soit par le violet de gentiane, soit encore par la méthode de Feulgen ou par le carmin-acétique. Ce sont des éléments analogues à ceux que Guilliermond et Gautheret dans le Radis, Guilliermond dans la Courge, ont décrits et figurés.

Étant donné le caractère toujours très énigmatique des nucléoles il serait naturellement très intéressant de préciser, plus qu'on n'a pu le faire jusqu'ici, les relations entre ces éléments et les chromocentres qui leur sont rattachés. Un simple accolement, ou même la seule adhérence doit être exclu pour diverses raisons : ainsi, avec certains fixateurs qui créent une auréole périnucléolaire, les chromocentres adjacents au nucléole peuvent se trouver déportés à une petite distance de ce dernier, tout en restant rattachés à lui par une mince pédicule; l'existence de ce tractus et l'absence de rupture en général malgré l'étirement subi par le chromocentre semble bien prouver qu'il existe un lien solide entre ces chromocentres et le nucléole. Lorsqu'un nucléole se trouve accidentellement déplacé dans une préparation, il garde, attachés à lui, les chromocentres périnucléaires et cette solidarité qui persiste entre des éléments de nature bien différente n'est pas due à l'entraînement par le nucléo-

(¹) Séance du 22 juillet 1946.

(²) P. Dangeard, *Le Botaniste*, 31, 1941, pp. 113-187.

plasme, car il est facile de s'assurer que celui-ci reste confiné entre la membrane nucléolaire et l'auréole périnucléolaire.

S'il paraît donc bien prouvé qu'il y a un lien et même un lien difficile à rompre entre certains chromocentres et le nucléole, on peut se demander quelle est sa nature. Or, une coloration différentielle comme celle que donne la méthode de Feulgen montre que, dans le cas d'un chromocentre étiré, le tractus est formé de chromatine thymonucléique jusqu'à son point de rattachement au nucléole. Il n'a pas été possible jusqu'ici de suivre la chromatine à l'intérieur de la substance nucléolaire où sans doute elle pénètre; il est à noter en effet que, dans un cas qui semble analogue, celui des chromosomes géants des Diptères, on voit les nucléoles, enchassés en certains points des cordons chromosomiens et qui sont pénétrés par des ramifications de ces cordons. L'interpénétration explique naturellement la solidité du lien entre chromocentres et nucléoles; en même temps elle sauvegarde le principe, généralement adopté aujourd'hui, d'une indépendance matérielle, morphologique, entre les chromosomes et les nucléoles. Les rapports de position, même très intimes, entre chromosomes et nucléoles n'autorisent pas nécessairement à croire à des relations substantielles étroites et le chromosome peut très bien n'offrir au nucléole qu'un lieu de condensation, la substance nucléaire étant, par ailleurs, surtout liée, dans sa production et dans sa disparition, avec la caryolymphe et la substance dite fusoriale.

L'existence de chromocentres périnucléolaires, qui semble assez fréquente dans les noyaux euchromocentriques, montre qu'il est sans doute nécessaire d'apporter certaines modifications à la définition première de ces noyaux. Enfin les différences qui se manifestent dans cette famille de noyaux dans le nombre des chromocentres et dans les modalités de la mitose nous ont conduit à proposer deux dénominations nouvelles. La première, celle des noyaux *isochromocentriques* correspond aux noyaux dont les chromocentres, tous à peu près équivalents, sont sensiblement représentés en même nombre que les chromosomes (chiffre diploïde). Dans ce groupe pourraient être placés les noyaux du Radis, de la Balsamine, des *Brassica*, de divers Lupins. Les noyaux de la seconde catégorie, qualifiés d'*oligochromocentriques*, se distinguent par le petit nombre de leurs euchromocentres, qui est très inférieur au chiffre chromosomique diploïde, et aussi par leur mitose particulière. En effet, dans les noyaux isochromocentriques, chaque chromosome prophasique se montre rattaché à un chromocentre particulier, qui est la région hétéropycnotique de ce chromosome demeurant conservée à l'interphase, tandis que, dans les noyaux oligochromocentriques, un certain nombre de chromosomes prophasiques sont dépourvus de relation avec un chromocentre : ce sont ceux qui manquent de régions hétéropycnotiques. Suivant certaines de nos observations, trop peu nombreuses encore, la seule région chromophile de ces chromosomes, au début de la prophase, serait le centromère. A cette catégorie appartiendraient le Haricot commun, le Ricin, la Capucine, la Courge.

PHYSIOLOGIE CELLULAIRE. — *Sur certains phénomènes de la nécrobiose des chloroplastes.* Note [1] de M. **Philippe Hagene** et Mlle **Marie Goas.**

On sait que dans la cellule vivante la chlorophylle présente une fluorescence dont les variations d'intensité ont été étudiées par Kautsky et ses collaborateurs [2]. Pendant la nécrobiose, la fluorescence est fixée à une valeur qui dépend de la nature et de l'intensité de l'agent léthal employé.

L'un de nous a montré précédemment [3] que le chauffage suffisamment prolongé, même à des températures relativement basses, amenait l'abaissement de l'intensité de la fluorescence et sa fixation à une valeur minimum faible et stable. Ainsi à 52°, dans la feuille *d'Elodea canadensis,* la fluorescence atteint son minimum avec la disparition de la plasmolyse après 4 minutes de chauffage.

Dans l'action de la chaleur, il est difficile de distinguer les effets chimiques des effets physiques ou physicochimiques, mais on peut penser que seules des modifications physiques résultent de la congélation.

Nous avons d'abord provoqué celle-ci par refroidissement dans l'huile de vaseline des feuilles ou des thalles, convenablement essorés. Maintenues entre —2° et —7° pendant 5 minutes, les feuilles d'*Elodea canadensis* montrent ensuite des cellules en pseudoplasmolyse dont les noyaux sont granuleux, les chloroplastes granuleux et déformés. Il n'y a aucun déplacement de la bande d'absorption et la fluorescence ne subit qu'une réduction légère d'intensité. Les observations sont exactement les mêmes après un séjour de 25 minutes à —10°, sauf pour la granulation des plastes qui est plus grossière. Un séjour de 15 minutes à —13° amène les mêmes phénomènes.

La congélation par immersion dans l'air liquide, pendant des temps qui ont varié de 30 minutes à 48 heures, ne produit aussi qu'une faible réduction d'intensité de la fluorescence et cela pour des végétaux appartenant aux groupes les plus différents : les expériences ont porté en effet sur *Potamogeton crispus, Elodea canadensis, Adiantum Capillus-Veneris* (prothalle), *Homalia trichomanoides, Porphyra* cf. *vulgaris, Spirogyra* sp., *Nostoc commune* (hydraté et desséché); nous n'avons trouvé qu'une seule exception, d'ailleurs remarquable : *Ulva lactuca,* qui, après immersion dans l'air liquide, ne présente plus qu'une fluorescence presque insensible.

L'immersion de la feuille d'*Elodea canadensis* dans une solution demi-saturée de thymol fait disparaître en 6 minutes la faculté de plasmolyse, considérée

(1) Séance du 22 juillet 1946.

(2) H. Kautsky et divers collaborateurs, *Chlorophyllfluoreszenz.* 12 mémoires. (*Biochem. Zeits.*, 1934 à 1944).

(3) Ph. Hagene, *C. R. Soc. Biol.*, **189**, 1945, p. 159.

généralement comme le critère de la vie cellulaire, sans altérer immédiatement la fluorescence qui n'atteint son minimum qu'après 25 minutes de contact environ.

D'après A. Mirimanof ([1]), seuls les chloroplastes non altérés dans leur structure donnent, qu'ils soient morts ou vivants, la réaction de Molisch, c'est-à-dire réduisent le nitrate d'argent en solution aqueuse à 10 %. Le lien supposé entre le pouvoir réducteur et la structure nous a incités à rapprocher ces faits de ce qui se passe pour la fluorescence lorsque la cellule est tuée par différents procédés.

Un premier essai a été effectué sur les feuilles d'*Elodea canadensis* plongées pendant quelques secondes dans l'eau bouillante. La fluorescence des plastes est alors réduite à son minimum et aucun ne montre de pouvoir réducteur. Seul le cytoplasme se colore en brun rougeâtre dans certaines cellules et dans d'autres apparaissent, surtout à la périphérie, un grand nombre de sphérules noires.

Dans une seconde expérience, les feuilles d'*Elodea* ont été plongées durant 15 heures dans l'eau saturée de thymol. A leur sortie, l'examen ne montre de fluorescence que pour les plastes de la base de la feuille, et cette fluorescence est très faible. Il n'y a aucune réduction ni formation d'aucun précipité par immersion dans le nitrate d'argent.

Dans ces deux premières séries d'expériences, le pouvoir réducteur des plastes disparaît quand la fluorescence disparaît ou prend sa valeur minimum stable, à la mort de la cellule.

Cependant il est possible, comme l'a montré A. Mirimanof (*op. sup. cit.*) de tuer la cellule sans faire disparaître simultanément le pouvoir réducteur des plastes. La feuille d'*Elodea canadensis*, après immersion durant 5 minutes dans la solution aqueuse demi-saturée de thymol, ne présente plus le phénomène de plasmolyse; on peut donc considérer que ses cellules sont mortes. Cependant la fluorescence subsiste encore et il en est de même du pouvoir réducteur des chloroplastes. L'un et l'autre disparaissent après 15 minutes d'immersion. Pouvoir réducteur et fluorescence ne semblent pourtant pas directement liés; bien que la congélation dans l'air liquide laisse subsister la fluorescence pendant un certain temps après le retour à la température ordinaire, les plastes fluorescents ne sont pas réducteurs. Les phénomènes sont à peu près les mêmes pour *Homalia trichomanoides*.

L'ensemble de ces faits paraît mettre en évidence l'indépendance de divers caractères des chloroplastes : emplacement du maximum d'absorption, fluorescence, pouvoir réducteur peuvent se modifier ou disparaître indépendamment les uns des autres. Sans doute chacun d'eux est-il lié à une particularité de structure chimique ou physicochimique des chloroplastes.

([1]) *Arch. Sc. phys. et nat.*, Genève (Supp.), 25, 1943, p. 105.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Les variations saisonnières dans la composition azotée du grain d'Orge stocké.* Note ([1]) de MM. **Edmond Urion**, **Georges Lejeune** et Mlle **Marguerite Collin**, transmise par M. Maurice Javillier.

Nous avons étudié précédemment ([2]) les constituants protéiques de grains d'Orge d'origine française par la méthode de Bishop, légèrement modifiée pour tenir compte de l'influence de la mouture du grain et des conditions d'extraction. Cette méthode répartit les matières protéiques en trois fractions par solubilisation successive dans une solution aqueuse de sulfate de potasse à 5 %, puis dans l'alcool à 70 % à l'ébullition. On obtient ainsi une fraction *azote sel* soluble (N sol.), qui comprend principalement les albumines et les globulines, une fraction *azote alcool* soluble (N alcool) ou hordéine et une fraction insoluble ou glutéline (N insol.).

Au cours de nos essais, nous nous sommes aperçus que, pour un même échantillon, le taux des diverses fractions ainsi obtenu présentait des écarts en valeur absolue de l'ordre de 7 %, écarts notablement supérieurs aux erreurs expérimentales qui, dans nos conditions habituelles de travail, ne dépassent pas 1 %. Ce fait nous a amené à étudier, pour un même échantillon conservé à température constante et humidité constante en flacon de verre bouché émeri, le taux des trois fractions précédentes en fonction du temps. On met alors en évidence une variation saisonnière de la constitution.

Au début de l'année, en mars-avril, puis vers le mois de juin, on constate que le constituant N sol. s'accroît aux dépens des fractions N alc. et N insol. pendant une période de un mois à un mois et demi. Lors de la première variation, l'accroissement de la fraction N sol. se fait au détriment des deux autres fractions, alors qu'au mois de juin, c'est uniquement la fraction N insol. qui est touchée. En dehors de ces deux périodes le taux des diverses fractions reste constant. Nous consignons les faits observés dans le tableau suivant, où les chiffres expriment les teneurs des diverses fractions, rapportées à l'azote total.

	Janvier.	Mars.	Mai.	Juin.	Août.
N sol. (%)...........	35	42	35	42	35
N alcool (%).........	32	30	32	32	32
N insol. (%).........	33	28	33	26	32

Ces deux variations se produisent, sensiblement, la première à l'époque de la germination normale de l'Orge, la deuxième à l'époque de la floraison. Nous avons cherché à mettre en évidence les facteurs qui influent sur le phénomène.

([1]) Séance du 22 juillet 1946.

([2]) E. Urion, G. Lejeune et Golovtchnko, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **26**, 1944, pp. 221 et 303; E. Urion, G. Lejeune et Mlle Collin, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **26**, 1944, p. 310.

1° Le phénomène ne se produit plus si le grain a perdu sa vitalité, c'est-à-dire si son pouvoir germinatif est nul. Il est aussi annihilé dans la destruction du grain par broyage grossier; par contre le phénomène se produit encore lorsque le grain est coupé en deux, perpendiculairement à l'axe (il est seulement plus marqué du côté germe). Nous avons donc un facteur interne propre au grain qui est en relation avec l'énergie vitale de la graine.

2° Pour un grain à vitalité normale, le phénomène disparaît si, au lieu de garder le flacon de verre sur la table du laboratoire, on l'enferme à l'obscurité dans un récipient en métal qui fait en même temps cage de Faraday.

3° Un flacon conservé seulement à l'obscurité dans un placard, donc soumis aux variations électriques seules, présente le phénomène, mais à un degré bien moindre.

Le facteur interne ne suffit pas à déclencher le phénomène; il faut en plus une impulsion provenant du rayonnement extérieur.

4° Le phénomène observé n'est pas spécial à l'Orge, on peut le mettre en évidence dans le cas de l'Avoine; les résultats correspondants seront publiés ultérieurement.

La séance est levée à 15h40m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 20 mai 1946.)

Note de M. *Ouang Te-Tchao*, Sur l'absorption des ondes ultrasonores par le sulfure de carbone :

Page 1215, ligne 10 en remontant, *au lieu de* Elle est 2000 fois plus grande que celle déduite par la théorie J. Claeys, J. Errera et M. Sack, pour la fréquence $0{,}87.10^6$, *lire* D'après J. Claeys, J. Errera et M. Sack, elle est 2000 fois plus grande que celle déduite de la théorie, pour la fréquence $0{,}87.10^6$.

(Séance du 27 mai 1946.)

Note de M. *Paul Chabanaud*, A propos du dimorphisme sexuel de *Heterosomata* :

Page 1314, lignes 15 et 16, *au lieu de* Aucun dimorphochiasmatique (*Psettodoidea; Pleuronectoidea Pleuronectiformes*) etc., *lire* Aucun dimorphochiasmatique (*Psettodoidea; Pleuronectoidea Soleiformes*) etc.

(Séance du 8 juillet 1946.)

Note de M. *Dimitri Riabouchinsky*, Quelques remarques sur les jets gazeux supersoniques et les canons-fusées :

Page 62, ligne 19, *au lieu de* $b^2+1=q_1^2/2c^2$, *lire* $2b^2+1=q_1^2/c^2$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juillet 1946.

Le problème du contrôle de la bombe atomique, par Edmond Bertrand. Extrait des *Annales de la Faculté de droit d'Aix-en-Provence*. Nouvelle série, n° 39. Aix-en-Provence, Imprimerie des Croix provençales, 1946; 1 fasc. 24cm.

Éléments de Psycho-Physiologie, par Henri Roger. Paris, Masson et Cie, 1946; 1 vol. 25cm.

Ministère de la France d'Outre-Mer. Office de la Recherche scientifique coloniale. *Rapport d'activité pour l'année* 1945. Paris, s. d.; 1 fasc. 23cm,5.

Phylaxie-Paraphylaxie (*Immunité et anaphylaxie*) *et Maladie-spécifique* (*Maladie du sérum, maladies infectieuses*), par D. Daniélopolu. Paris, Masson et Cie, 1946; 1 vol. 20cm.

La Digitale et les Strophantines (*Pharmacodynamie-Thérapeutique*), par D. Daniélopolu. Paris, Masson et Cie, 1946; 1 vol. 26cm,5.

Le système nerveux de la vie végétative. Schéma anatomo-physiologique du système nerveux de la vie végétative, par D. Daniélopolu. Paris, Masson et Cie, 1944; 1 vol. 24cm,5.

Diagnoses algarum novarum post sylloges editionem descriptarum. I. *Myxophyceæ centuria VII*, par Joseph de Toni. Brixiae, Typis artigian. Sumptibus auctoris, 1939-1946; 1 vol. 18cm.

Savoir en histoire naturelle. Vol. XVII. *Ce qu'il faut savoir des poissons des eaux douces de France*, par Pierre Gossot. Paris, Paul Lechevalier, 1946; 1 vol. 18cm,5.

Études sur les piroplasmoses bovines, par Edmond Sergent, A. Donatien, L. Parrot, Félix Lestoquard (in memoriam). Alger, Institut Pasteur d'Algérie, 1945; 1 vol. 24cm,5.

Biochimica, par Piétro Randoni. Quinta edizione. Vol. I et II. Torino, Unione. Tipografico, 1945; 2 vol. 25cm, 5.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son Yacht par Albert Ier de Monaco, publiées sous sa direction avec le concours de Jules Richard, Fasc. CVII. *Flagellés à Squelette siliceux : Silicoflagellés et Ebriidés provenant du plancton recueilli au cours des Campagnes scientifiques du prince Albert Ier de Monaco* (1885-1912), par Raymond Hovasse, avec une planche. Monaco, Imprimerie nationale, 1946; 1 vol. 36cm,5.

Sur les formes que doit avoir un vase qui, plongé dans l'eau, la partie immergée, soit une fonction donnée $x_1(x)$ de la hauteur totale x du vase, par Constantin Popovici. Extrait des *Annales de la Société polonaise de mathématique*. T. XVII. Cracovie, Imprimerie de l'Université, 1938; 1 fasc. 24cm,5.

The third Centenary of the birth of Newton. Isaac Newton and modern problems of celestial Mechanics, par Constantin Popovici, in *Publicatiile Academiei de Stiinte din România, Seria* III : a : *Memorii si monographii*, n° 6. Bucarest, Remers Cioflec, 1943; 1 fasc. 24cm,5.

Homenaje de la Universidad de La Habana a la memoria de Antonio Machado. Conferencias de Juan Chabas, Antonio Regalado, Raul Roa. Publicacion separada de « Revista de la Universidad », 1944; 1 fasc. 23cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 AOUT 1946.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ALLIAGES. — *Frottement interne des alliages métalliques.* Note (1) de MM. **Albert Portevin** et **Léon Guillet.**

L'appareil utilisé est le micropendule de torsion Chévenard. Cet appareil utilise une éprouvette de 1^{mm} de diamètre et 10^{mm} de long. Ses caractéristiques sont : une basse fréquence (15 cycles par seconde dans le cas du cuivre pur), une faible amplitude ($\pm 0°,18$ de part et d'autre de la position de repos), une contrainte maximum peu élevée ($1,16\,kg/mm^2$ pour le cuivre). Il enregistre les diagrammes d'amortissement de l'éprouvette fonctionnant comme un oscillateur et abandonnée après lancer à partir desquels on détermine les courbes donnant le décrément en fonction de l'amplitude de l'oscillation. Ces courbes sont sensiblement des droites d'après les travaux de Ch. E. Guye. En prolongeant ces droites jusqu'à l'amplitude initiale on obtient le décrément δ porté sur les figures qui vont suivre.

Des précautions ont été prises pour éviter dans ces mesures les causes d'erreurs dues à des grosseurs de grains nettement différentes, à une hétérogénéité des solutions et à un écrouissage résiduel dans les éprouvettes après usinage facile à éviter par recuit sous vide.

a. Solutions solides primaires. — Divers expérimentateurs (2), (3) ont déjà montré que le décrément des solutions solides est beaucoup plus faible que celui des métaux purs et diminue d'abord rapidement, ensuite lentement lorsque la concentration augmente. Ceci se retrouve pour les résultats que nous avons obtenus pour les couples Cu-Zn, Cu-Sn et Cu-Al.

b. Transformations ordre-désordre. — Les alliages d'or et de cuivre en présentent deux exemples :

---

(1) Séance du 1er juillet 1946.

(2) Köster, *Zeits. für Métallkunde*, 32, 1940, p. 146.

(3) Chévenard et Portevin, *Ve Congrès de Chimie industrielle*, 1926, p. 434.

1° En trempant l'alliage de composition équi-atomique, préalablement chauffé à 650°, dans l'eau froide, on obtient une solution solide cubique désordonnée. En le refroidissant lentement, au contraire (30° à l'heure) et en le réchauffant 100 heures à 380°, on obtient une structure ordonnée dans laquelle les atomes d'or et de cuivre sont répartis par plans dans le réseau tétragonal. Le décrément de l'alliage ordonné est 50 fois plus grand que celui de l'alliage désordonné, comme le montrent les chiffres suivants qui ont été obtenus sur la même éprouvette différemment traitée sous vide :

Alliage	recuit.	trempé.
δ	0,022	0,0005

ce qui met en évidence la sensibilité de ce coefficient dans ce cas. Des variations dans le même sens ont été mises en évidence par Köster dans le cas de solutions solides argent-zinc ([2]).

2° Par contre la transformation ordre-désordre sans changement de réseau de Au_3Cu n'a pas manifesté de changement de décrément.

c. *Solutions solides intermédiaires.* — Les résultats sont encore très peu nombreux en raison de la difficulté d'expérimentation sur les alliages fragiles qui sont d'une part d'usinage très délicat et qui d'autre part devant être essayés à l'état moulé ont de grandes chances de présenter des défauts de fonderie ôtant toute valeur au résultat. Pour $Cu_{31}Sn_8$ phase γ à maille géante de caractère métallique peu marqué, le décrément est très faible et correspond à un minimum de la courbe décrément-composition pour une concentration électronique de 21/13 (*fig.* 2). Par contre CuZn, phase β de caractère nettement métallique, a un décrément appréciable qui correspond à un maximum relatif de la courbe précédente pour une concentration électronique égale à 3/2 et à une disposition ordonnée des atomes (*fig.* 1). C'est ce que montrent les chiffres suivants :

	$Cu_{31}Sn_8$.	CuZn.
δ	0,0004	0,0011

De ces premiers résultats, dont certains sont difficiles à multiplier (alliages fragiles), il semble cependant que l'on puisse tirer des indications générales d'une part et l'explication de faits pratiques d'autre part.

1° D'une manière générale l'irrégularité et le désordre du réseau cristallin semblent accompagnés d'un faible frottement interne par rapport aux réseaux réguliers et en condition ordonnée; c'est ce qui apparaît si l'on compare les métaux purs avec les solutions solides de substitution, le métal recuit par rapport au métal écroui, l'état désordonné par rapport à l'état ordonné; cette dernière comparaison étant faite tant pour un même alliage (transformation ordre-désordre) que pour les phases β métalliques ordonnées par rapport aux phases γ non métalliques à maille multiatomique présentant un certain désordre

du fait des 52 atomes de la maille (il y a lieu de remarquer dans ce dernier cas qu'en outre les liaisons atomiques perdent leur caractère métallique).

On peut également noter, dans les exemples cités dans cette Note, l'analogie des variations du décrément et de la conductibilité électrique.

2° Des commentaires peuvent être déduits de la pratique de la fonderie de cloches en bronze ([4]) où l'on recherche la sonorité, que l'on peut définir comme la fraction d'énergie de choc transformée en vibrations audibles. L'expérience séculaire montre que cette sonorité augmente avec l'élévation de la note rendue, donc avec celle du module élastique, mais aussi avec la fragilité du métal : tous les alliages de cloches ont des allongements pratiquement nuls;

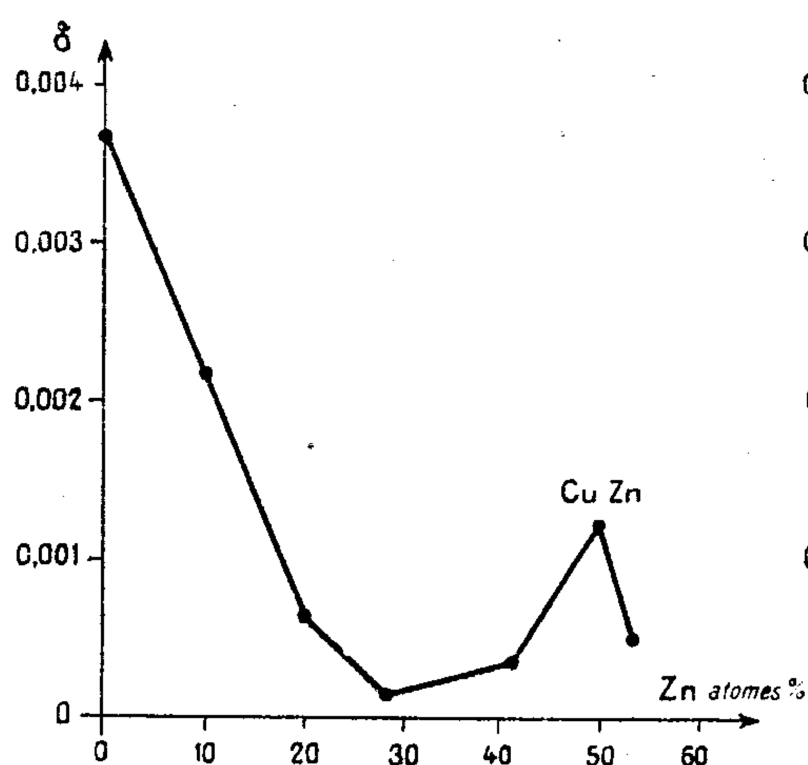


Fig. 1.

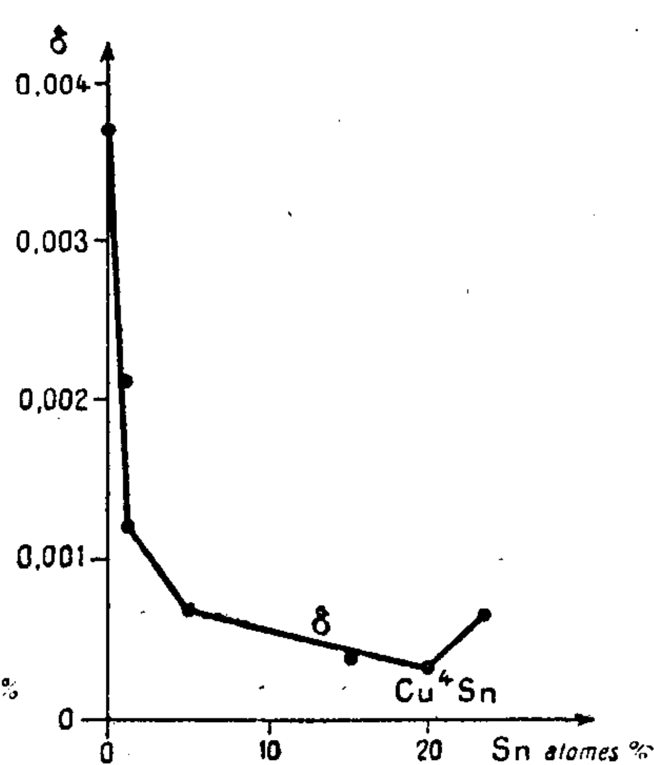


Fig. 2.

si l'on rassemble les fragments d'une cloche cassée, on ne relève aucune déformation; les alliages très sonores pour carillons volent en éclats, comme le verre, sous un choc tant soit peu violent. De temps immémorial, les fondeurs de cloches présumaient de la sonorité de leurs cloches par la fragilité d'un échantillon prélevé avant la coulée; de sorte que, pour trouver la composition correspondant à la meilleure sonorité, on la fait varier jusqu'à l'apparition de la plus grande fragilité possible compatible avec la solidité de la pièce.

Nous dirions que l'on s'oriente le plus près possible du composé $Cu_{31}Sn_8$, à caractère non métallique et très fragile, mais qui présente un maximum du module élastique supérieur à celui indiqué par la règle des mélanges comme nous l'avons montré antérieurement ([5]), en même temps qu'un minimum de frottement interne comme nous venons de le dire; ce qui explique aussi la concordance empirique de la grande sonorité et de la fragilité.

([4]) D'intéressants renseignements nous ont été donnés par les fondeurs de cloches bien connus Paccard, d'Annecy.

([5]) A. Portevin et L. Guillet fils, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 237.

PHARMACODYNAMIE. — *Action dépressive de l'ergotamine sur la résistance capillaire du Cobaye.* Note (¹) de MM. **Maurice Javillier** et **Jean Lavollay.**

D'après l'hypothèse que l'un de nous a, dès 1940, émise avec J. Neumann (²), le renforcement de la résistance capillaire par les substances dites *vitamines P* était dû à ce que celles-ci exercent, *in vivo*, une action de protection de l'adrénaline vis-à-vis de l'oxydation. Toutes les substances possédant l'activité P se sont en effet révélées inhibitrices de l'oxydation de l'hormone médullo-surrénale. D'autre part, cette hormone augmente, par elle-même, la résistance capillaire et les inhibiteurs classiques de son oxydation se comportent comme des substances d'activité P, leur injection à l'animal accroissant la résistance des parois vasculaires (²).

L'hypothèse ci-dessus rappelée paraît donc bien légitimée par les faits. C'est pourquoi, comme l'un de nous l'a d'ailleurs déjà énoncé (³), nous considérons l'adrénaline, ou mieux peut-être l'un de ses tout premiers termes d'oxydation, comme l'hormone de la résistance capillaire.

Encore convenait-il de connaître l'action sur la résistance capillaire de substances se comportant pharmacologiquement comme des antagonistes de l'adrénaline. Dans les expériences que nous résumons ici, nous nous sommes adressés à l'ergotamine (sous forme de tartrate), dont l'action antagoniste de celle de l'adrénaline est bien connue en pharmacologie et en physiologie (⁴).

On injecte $0^{mg},2$ d'ergotamine (solution de tartrate) dans la cavité péritonéale d'un cobaye normal dont la résistance capillaire est de 17^{cm} de Hg; celle-ci tombe à 12^{cm} au bout d'une heure et demie et à 10^{cm} au bout de trois heures. Elle est encore de 10^{cm} après 48 heures (⁵).

Un cobaye reçoit une injection sous-dermique de $2^{mg},6$ de phlorizine; trois jours après, sa résistance capillaire étant de plus de 50^{cm} de Hg, on lui administre par voie intrapéritonéale $0^{mg},2$ d'ergotamine (tartrate). Cette injection provoque une chute de plus de 30^{cm} de la résistance capillaire. En une heure, celle-ci est abaissée à moins de 20^{cm} de Hg; cette chute est durable; la résistance se maintient à 20^{cm} quatre jours après.

La dépression de la résistance capillaire peut cependant n'être parfois que transitoire. Un cobaye, dont la résistance capillaire est initialement de 27^{cm}

(¹) Séance du 29 juillet 1946.

(²) Pour la bibliographie des faits ici rappelés, voir notamment : Jean Lavollay, *Congrès de l'A. F. A. S.* (octobre 1945) (à paraître); M. Javillier et J. Lavollay, *Journées franco-suisses de Chimie biologique* (mai 1946) (à paraître *in Helvetica chimica Acta*).

(³) J. Lavollay, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 318.

(⁴) Voir notamment A. Stoll, *Experientia*, **1**, 1945, pp. 250-262.

(⁵) Nous remercions MM. les professeurs Stoll et Rothlin d'avoir bien voulu nous adresser de l'ergotamine pure.

de Hg, reçoit la dose à la vérité réduite de $0^{mg},1$ d'ergotamine (tartrate); sa résistance s'abaisse à 22^{cm} au bout d'une heure et demie; à 17^{cm} au bout de 24 heures; elle est remontée à 33^{cm} au troisième jour.

Nos expériences établissent que l'ergotamine possède, *in vivo*, une activité inverse de celle de l'adrénaline sur la résistance capillaire. Qu'une substance typiquement antagoniste de l'adrénaline, comme l'ergotamine, abaisse la résistance capillaire, c'est une vérification indirecte du rôle hormonal joué par l'adrénaline dans le maintien physiologique de la résistance des parois vasculaires.

PÉTROGRAPHIE. — *La géochimie du chemin des profondeurs dans le passage des bauxites aux émeris.* Note de M. **Jacques de Lapparent.**

Des faits minéralogiques caractérisent chacune des étapes qui marquent le passage des bauxites aux émeris ([1]). A ces faits minéralogiques correspondent des faits chimiques dont je veux ici souligner le caractère.

Qu'il soit d'abord entendu que si l'on trouve des passages lithologiques entre les trois bauxites, à gibbsite, à boehmite, à diaspore, ces passages ne résultent pas de transformations minéralogiques effectuées d'un type à l'autre. Nous ne connaissons actuellement aucune bauxite dont l'hydroxyde d'aluminium ait été produit par la transformation directe d'un autre hydroxyde d'aluminium préalablement individualisé comme espèce minérale. Bien que nous sachions provoquer au laboratoire la naissance de cristaux de boehmite à partir de cristaux de gibbsite, il ne semble pas que la nature ait réalisé rien de tel. Le chemin des profondeurs que nous envisageons commence aux bauxites de subsidence, à savoir : les bauxites à diaspore.

Comparant des bauxites siliceuses à diaspore à des samosites (chloritoïde et diaspore), il apparaît que la perte au feu diminue des premières aux secondes, ce dont on peut s'étonner puisque, de l'une à l'autre roche, on passe d'un matériel qui contient la chlorite daphnite, à écrire $2(SiO_2.Al_2O_3)+4Fe(OH)_2$, au chloritoïde, à écrire $2(SiO_2.Al_2O_3)+2Fe(OH)_2$; écritures qui mettent en évidence la moindre importance de la masse du radical hydroxylé par rapport au radical anhydre dans le chloritoïde comparé à la chlorite.

La « teneur en eau » diminuera nécessairement dans l'émeri de Turquie (chloritoïde et corindon) par rapport à celle de la samosite puisque le diaspore y est précisément remplacé par le corindon (anhydre). Enfin, elle sera plus basse encore pour l'émeri de Naxos dans son faciès à staurotide puisque l'on peut écrire cette dernière : $2(SiO_2.Al_2O_3)+Fe(OH)_2$.

Corrélativement à ces différences qui échelonnent les teneurs en H_2O fournies par les analyses entre 12 et 5 %, on constate que les proportions

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 227.

du FeO au Fe_2O_3 vont en diminuant; le rapport FeO/Fe_2O_3 oscille autour de 3 dans les bauxites siliceuses à diaspore (FeO 16,9; Fe_2O_3 3,8 pour une bauxite de Distomo, en Grèce; FeO 10,2; Fe_2O_3 5,2 pour une bauxite du Pays de Fenouillet, en France) et baisse à 0,2 environ dans les types *métamorphiques* : samosites ou émeris. Or il s'agit de bauxites dont les proportions de fer total sont comparables. Là encore point d'étonnement à avoir étant donnée la composition minéralogique qui met en évidence la magnétite dans les types métamorphiques et dont on sait bien qu'elle est pondéralement plus riche en Fe_2O_3 qu'en FeO (Fe_2O_3 69; FeO 31). Mais il faut alors souligner que le chemin des profondeurs comporte la possibilité de permettre le passage du fer de l'état bivalent à l'état trivalent et, par conséquent, qu'il se caractérise en l'occurrence comme un chemin oxydant.

On pourrait attribuer les causes de cette transformation de l'état du fer à la décomposition sous la seule influence de la chaleur soit de la daphnite, soit du diaspore : l'eau libérée pourrait précisément être, au-dessus de son point critique, l'oxydant cherché. En cette hypothèse il apparaîtrait que les bauxites, dans leur passage aux émeris, auraient trouvé en elles-mêmes toutes les possibilités de leur métamorphisme. A ce titre les émeris se classeraient comme « ectinites » au sens où Jean Jung et Maurice Roques emploient ce terme dont ils sont les créateurs ([2]), et il n'y aurait même aucun besoin d'imaginer que des eaux allochtones fussent techniquement nécessaires à la réalisation du métamorphisme qui de la bauxite a fait un émeri.

Les bauxites à daphnite ont tiré ce privilège de saisir du fer au minimum dans un de leurs constituants des conditions dans lesquelles s'est effectuée leur diagenèse : elles furent, dans leur matière originelle, soumises à l'action des fluides issus d'amas végétaux qui s'accumulèrent à leur toit pendant leur évolution minéralogique qui se fit donc en milieu réducteur. La subsidence faisant échapper la bauxite formée à toute oxydation superficielle permit la conservation de ce privilège, mais l'excès de subsidence, par transfert de la bauxite jusqu'aux profondeurs, le contrecarra. Dans l'hypothèse où rien en dehors de leur seule matière n'interviendrait pour transformer les bauxites en émeris, il faudrait imaginer que les profondeurs atteintes fussent au moins de l'ordre de celles qui permettraient la réalisation d'une température capable de décomposer le diaspore, c'est-à-dire de porter celui-ci à 480° C.; ce qui ferait supputer une quinzaine de milliers de mètres pour un degré géothermique moyen.

Cependant l'observation du Cristallophyllien de l'archipel grec montre qu'à proximité du niveau des émeris, peu au-dessous de lui, se tient le granite et l'on reconnaît l'action de celui-ci sur l'émeri (tant à Naxos qu'en Turquie) dans l'imprégnation de ce dernier par de la tourmaline. La *montée* du granite aurait eu pour effet l'élévation des isogéothermes provoquée par la diffusion

---

([2]) *Rev. Soc. Hist. Nat. Auvergne*, nouv. série, **11**, 1936, pp. 38-85.

dans les terrains encaissants du panache de fumées chaudes fluorées, chlorées et borées, qui l'accompagnent habituellement. Les émeris seraient moins profonds qu'on ne l'imaginerait sans granite sous-jacent. L'action de ce dernier, s'étant parfois fait sentir intensément sur l'ensemble des terrains où gisent les émeris, a provoqué la naissance de roches calco-alumineuses à corindon et mica-margarite. La matière originelle de ces roches eut, avant sa consolidation, les prérogatives des macérats susceptibles d'être injectés hors du lieu de leur production.

Une phase hydrothermale a marqué la fin du processus métamorphique; elle produisit *l'hydratation de l'alumine*, à partir du corindon, réalisée par le dépôt, dans les fentes grandes ou petites des roches, soit d'un diaspore d'une jeune génération, soit de gibbsite.

IMMUNOLOGIE. — *Action du filtrat de cultures de* Bacillus subtilis *sur le virus de l'Encéphalomyélite des équidés.* Note (¹) de MM. **Paul Remlinger** et **Jacques Bailly**.

Ainsi que nous l'avons montré précédemment, la virulence des émulsions de substance nerveuse rabique est complètement détruite par le filtrat de cultures de *B. subtilis* après un contact de 3 heures 30 minutes à 38°. Une action analogue est exercée par le filtrat sur un autre virus neurotrope celui de l'Encéphalomyélite des Équidés (virus Ouest des États-Unis).

Espèces inoculées.	Volumes inoculés.	Durée du contact.	Mélange d'émulsion et de filtrat.	Mélange d'émulsion et de solution physiologique.
		h m		
Souris	0,02	0,30	+	+
»	0,02	1	+	+ +
»	0,02	1,30	+	+
»	0,02	2	+	+
»	0,02	3	+	+
»	0,02	3,30	+	+
»	0,02	4	+ +	+
»	0,02	4,30	+ +	+
»	0,02	5	+ +	+
Rat	0,1	5,15	+	+
»	0,1	5,45	∞	+
»	0,1	6	∞	+
»	0,1	7	∞	+
»	0,1	24	∞	+

Le cerveau d'un rat mort de l'Encéphalomyélite est réduit en pulpe aussi fine que possible et émulsionné à 1 % dans la solution physiologique.

(¹) Séance du 17 juillet 1946.

L'émulsion, passée sur papier-filtre est mélangée volume pour volume avec le filtrat sur Bougie Chamberland L 2 d'un mélange de cultures de *B. subtilis* en bouillon Martin âgées de 9, 15, 16, 20 et 22 jours. La même émulsion de substance nerveuse diluée de son volume de solution physiologique est prise comme témoin. Les mélanges sont tous à pH 8 et placés à l'obscurité à 38°. A des intervalles de temps variés, des échantillons sont prélevés et inoculés sous la dure-mère des animaux. Le tableau ci-dessus résume les résultats obtenus.

Ainsi, le virus de l'Encéphalomyélite équine contenu dans la substance cérébrale est inactivé *in vitro* à 38° par le filtrat de *B. subtilis* en 5 heures 45 minutes.

On sait que la nucléoprotéine de l'Encéphalomyélite américaine compte parmi les unités virulentes les plus petites (20 à 30 millicrons) alors que celle de la Rage atteint une taille beaucoup plus élevée (150 millicrons pour le virus fixe). On devait donc s'attendre à ce que l'effet lytique du filtrat de *B. subtilis* fut plus intense sur l'Encéphalomyélite que sur la Rage. C'est l'inverse qui ressort des expériences. Il y a là une donnée en réponse à la question posée par C. Levaditi : la taille des ultra-virus déterminée par les procédés physiques représente-t-elle celle des unités virulentes de chacun d'eux ou, au contraire, l'unité virulente de taille unique pour tous, n'est-elle pas associée dans les diverses macromolécules de chacun d'eux à des chaînes latérales inactives en nombres variables ?

Le comportement de la Rage et de l'Encéphalomyélite à l'égard du filtrat de *B. subtilis* fait ressortir une spécificité d'action des plus nettes en faveur de la pluralité et de l'étroite spécificité des unités virulentes des ultra-virus.

NOMINATIONS.

La **Royal Astronomical Society** invite l'Académie à désigner un de ses Membres pour la représenter aux Cérémonies qui auront lieu à Londres, le 8 octobre, et à Cambridge, les 9 et 10 octobre 1946, à l'occasion du *centième anniversaire* de la découverte de la Planète *Neptune*.

M. **Gaston Fayet** est désigné.

CORRESPONDANCE.

Le **Comité Jacques Charles** invite l'Académie à se faire représenter aux manifestations commémoratives qui auront lieu à Beaugency, du 1er au 30 septembre 1946, pour célébrer le *deux-centième anniversaire* de la naissance du Physicien Jacques Charles.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Faune de France. 45. *Reptiles et Amphibiens*, par Fernand Angel (présenté par M. L. Fage).

2° Ion Lintes. *La précision, l'usure et la vie des bouches à feu et des armes portatives*.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur des intégrales premières de la théorie de l'électron de Dirac*. Note de M. **Gérard Petiau**.

Considérant l'équation de Dirac

$$\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\psi}{\partial t} = -c\left[(\vec{p}.\vec{\alpha}) + m_0 c\alpha_4\right]\psi = H\psi, \tag{1}$$

où

$$\vec{p} = -\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial x}, \qquad \alpha_\mu\alpha_\nu + \alpha_\nu\alpha_\mu = 2\delta_{\mu\nu} \qquad (\mu, \nu = 1, 2, 3, 4),$$

M. A. Proca a montré (¹) que les grandeurs correspondant aux opérateurs

$$u_\xi = \frac{1}{2}\left[\left(\vec{p}.(\vec{\alpha}\xi + \xi\vec{\alpha})\right) + m_0 c(\alpha_4\xi + \xi\alpha_4)\right],$$

où ξ est une matrice de Dirac combinaison des α, sont intégrales premières, c'est-à-dire que

$$\frac{d}{dt}\int \psi^* u_\xi \psi\, d\tau = \int \psi^*\left(\frac{\partial u_\xi}{\partial t} + \frac{2\pi i}{h}(u_\xi H - H u_\xi)\right)\psi\, d\tau = 0. \tag{2}$$

Posant

$$\sigma_0 = i\alpha_p\alpha_q\alpha_r, \quad \sigma_p = i\alpha_q\alpha_r, \quad \sigma_q = i\alpha_r\alpha_p, \quad \sigma_r = i\alpha_p\alpha_q,$$

$$\pi_p = i\alpha_p\alpha_4, \quad \pi_q = i\alpha_q\alpha_4, \quad \pi_r = i\alpha_r\alpha_4, \quad \mu_p = i\alpha_q\alpha_r\alpha_4, \quad \mu_q = i\alpha_r\alpha_p\alpha_4, \quad \mu_r = i\alpha_p\alpha_q\alpha_4,$$

on obtient ainsi les intégrales premières

1° $\int \psi^*\left[(\vec{p}.\vec{\alpha}) + m_0 c\alpha_4\right]\psi\, d\tau$, $\quad \int \psi^*\vec{p}\psi\, d\tau$,

2° $\int \psi^*(\vec{p}.\vec{\sigma})\psi\, d\tau$, $\quad \int \psi^*(\vec{p}\sigma_0 + m_0 c\vec{\mu})\psi\, d\tau$,

3° $\int \psi^*(\vec{p}\wedge\vec{\mu})\psi\, d\tau$, $\quad \int \psi^*\left[(\vec{p}\wedge\vec{\pi}) + m_0 c\vec{\sigma}\right]\psi\, d\tau$.

En présence du champ extérieur $\vec{E}$, $\vec{H}$ de potentiel $\vec{A}$, V, l'équation (1) devient

$$\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial t}\psi = \left[-c(\vec{P}.\vec{\alpha}) - m_0 c^2\alpha_4 - eV\right]\psi = \mathcal{H}\psi,$$

où

$$P_p = -\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial x_p} + \frac{e}{c}A_p$$

(¹) *Thèse*, Paris, 1933, p. 390.

et l'opérateur u_ξ devient

$$\mathrm{U}_\xi = \frac{1}{2}\left[\left(\vec{\mathrm{P}}.\left(\vec{\alpha}\xi + \xi\vec{\alpha}\right)\right) + m_0 c(\alpha_4\xi + \xi\alpha_4)\right].$$

Les grandeurs correspondant à U_ξ ne sont plus intégrales premières, mais il est intéressant de calculer leurs dérivées.

Utilisant la formule de dérivation quantique (2), nous obtenons

$$\frac{d}{dt}\int \psi^* \mathrm{U}_\xi \psi\, d\tau = -\frac{e}{2}\int \psi^*\left[\left(\vec{\mathrm{E}}.\left(\xi\vec{\alpha} + \alpha\vec{\xi}\right)\right) + \left(\vec{\mathrm{H}}.\left(i\xi\vec{\sigma} - i\vec{\sigma}\xi\right)\right)\right]\psi\, d\tau.$$

Nous en tirons successivement

1°

$$\frac{d}{dt}\int \psi^*\left[\left(\vec{\mathrm{P}}.\vec{\alpha}\right) + m_0 c\,\alpha_4\right]\Psi\, d\tau = -e\int \psi^*\left(\vec{\mathrm{E}}.\vec{\alpha}\right)\psi\, d\tau,$$

$$\frac{d}{dt}\int \psi^*\vec{\mathrm{P}}\psi\, d\tau = -e\int \psi^*\left[\vec{\mathrm{E}}\alpha_0 + \left(\vec{\mathrm{H}}\wedge\vec{\alpha}\right)\right]\psi\, d\tau;$$

2°

$$\frac{d}{dt}\int \psi^*\left(\vec{\mathrm{P}}.\vec{\sigma}\right)\psi\, d\tau = -e\int \psi^*\left(\vec{\mathrm{E}}.\vec{\sigma}\right)\psi\, d\tau,$$

$$\frac{d}{dt}\int \psi^*\left[\vec{\mathrm{P}}\sigma_0 + m_0 c\vec{\mu}\right]\psi\, d\tau = -e\int \psi^*\left[\vec{\mathrm{E}}\sigma_0 + \left(\vec{\mathrm{H}}\wedge\vec{\sigma}\right)\right]\psi\, d\tau;$$

3°

$$\frac{d}{dt}\int \psi^*\left[\vec{\mathrm{P}}\wedge\vec{\mu}\right]\psi\, d\tau = -e\int \psi^*\left[\left(\vec{\mathrm{E}}\wedge\vec{\mu}\right) - \left(\vec{\mathrm{H}}\wedge\vec{\pi}\right)\right]\psi\, d\tau,$$

$$\frac{d}{dt}\int \psi^*\left[\left(\vec{\mathrm{P}}\wedge\vec{\pi}\right) + m_0 c\vec{\sigma}\right]\psi\, d\tau = -e\int \psi^*\left[\left(\vec{\mathrm{E}}\wedge\vec{\pi}\right) + \left(\vec{\mathrm{H}}\wedge\vec{\mu}\right)\right]\psi\, d\tau.$$

PHYSIQUE QUANTIQUE. — *Sur les équations relativistes des particules élémentaires.* Note de M. **Alexandre Proca**, présentée par M. Paul Langevin.

1. *Description des particules élémentaires.* — Le principe de relativité domine aujourd'hui le problème de la description des particules élémentaires. Lorsqu'on essaie, en vue de la découverte de nouvelles particules, d'analyser les types d'équations compatibles avec ce principe, on s'aperçoit que toute une série d'équations possibles (on pourrait même dire, la moitié) a été délibérément laissée de côté.

En effet, ces équations ont la forme générale $\mathrm{O}\psi = 0$, O étant l'opérateur et ψ la fonction d'onde. Du point de vue qui nous préoccupe ici, ψ peut être un tenseur ou un spineur; par contre O, dans sa dépendance des coordonnées x^k, reste toujours un tenseur, fonction d'ailleurs du tenseur fondamental $\partial_k \equiv \partial/\partial x^k$. Les équations pour lesquelles O est un spineur n'ont pas été prises en considération jusqu'a présent. Leur étude conduit à des résultats intéressants.

2. *Opérateur spinoriels.* — On peut construire sans difficulté des opérateurs spinoriels; deux types simples s'imposent immédiatement. En effet, considérons le vecteur de composantes x^k, ou, en notation spinorielle $x_{\dot{r}s}$. Un tel vecteur peut

toujours être représenté par deux spineurs $\xi_{\dot{r}}$ et η_s au moyen de la formule

$$x_{\dot{r}s} = \xi_{\dot{r}}\xi_s + \eta_{\dot{r}}\eta_s. \tag{1}$$

Dans ces conditions, $\partial/\partial\xi_{\dot{r}}$, $\partial/\partial\eta_s$, ... sont des opérateurs spinoriels qui peuvent servir, conjointement avec les nouvelles variables, à l'établissement de nouvelles équations relativistes.

Le processus ci-dessus revient à décomposer l'espace-temps en deux espaces spinoriels sous-jacents et à leur conférer un rôle essentiel dans la description des phénomènes naturels. On peut aussi cependant ne pas procéder de cette façon, mais décomposer l'espace des moments; en d'autres termes s'en tenir à l'espace-temps ordinaire et décomposer l'opérateur $\partial_{\dot{r}s} \equiv \partial/\partial x^{\dot{r}s}$ lui-même, au moyen de deux opérateurs $d_{\dot{r}}$, δ_s, commutables, suivant la formule analogue

$$\partial_{\dot{r}s} = d_{\dot{r}}d_s + \delta_{\dot{r}}\delta_s. \tag{2}$$

Les deux opérateurs $d_{\dot{r}}$ et δ_s, à variance spinorielle sont des opérateurs intégraux, d'un caractère analogue aux dérivées d'ordre 1/2, alors que les $\partial/\partial\xi_{\dot{r}}$ étaient de simples dérivées.

3. *Nouvelles équations relativistes.* — Tant que les faits expérimentaux ne nous auront pas suggéré l'existence de particules ayant des propriétés déterminées, nous n'aurons aucune raison de ne pàs étudier toutes les combinaisons imaginables pouvant conduire à des équations invariantes par rapport aux transformations de Lorentz. Donnons quelques exemples de telles équations.

Dirac a obtenu l'équation de l'électron en linéarisant celle de Gordon $(\square - a^2)\psi = 0$. Or, cette linéarisation peut conduire à des équations différentes de celle de Dirac si l'on introduit les opérateurs $d_{\dot{r}}$ et δ_s. On peut obtenir par exemple le système

$$(d_{\dot{r}}\delta^{\dot{r}})\psi = \lambda\varphi \qquad (d_s\delta^s)\varphi = \lambda\psi, \qquad \psi, \varphi = \text{invariants}, \tag{3}$$

qu'on peut aussi condenser en une seule équation $\sigma^k A_k \Phi = \lambda\Phi$ (σ^k = matrices de Pauli). Cette linéarisation n'est pas la seule possible ([1]).

Un autre exemple très intéressant est fourni par le système suivant que nous écrirons pour le cas de l'absence de champ extérieur (le cas du champ s'obtient aisément) :

$$d_{\dot{r}}d_s\psi^{\dot{r}} = k\chi_s \qquad \delta_{\dot{r}}\delta_s\chi^{\dot{r}} = k\psi_s. \tag{4}$$

En l'absence de champ ce système entraîne celui de Dirac, la réciproque n'étant pas vraie. Il s'ensuit la conservation du vecteur courant et charge

---

([1]) En fait, l'expression (2) a la même forme que l'expression quadratique du courant en fonction des spineurs d'onde dans la théorie de l'électron de Dirac. Par conséquent, tous les résultats obtenus dans l'étude des covariants quadratiques (ou autres) de cette théorie (Darwin, Pauli, Uhlenbeck et Laporte, Proca, Franz, Kofink, Costa de Beauregard, Petiau etc.) ont leurs correspondants et peuvent servir dans la présente théorie.

(toujours positive), ainsi que celle du tenseur symétrique de second rang impulsion et énergie (positive ou négative). Cependant, le système ci-dessus entraîne également la conservation d'un autre vecteur d'univers et d'un autre tenseur symétrique de second rang, mais qui sont tels que leurs composantes de temps apparaissent comme positive ou négative pour le vecteur, et exclusivement positive pour le tenseur. Le problème des composantes de temps négatives prend alors un aspect nouveau, qui sera étudié ailleurs.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur les propriétés absorbantes de la photosphère solaire.* Note (1) de MM. **Daniel Chalonge**, **Vladimir Kourganoff** et Mlle **Hélène Peltey**, présentée par M. Jean Cabannes.

I. Les nouvelles données qui viennent d'être publiées sur le spectre continu solaire (2) permettent de compléter et rectifier les résultats résumés dans une Note récente (3) (que nous appellerons ici la Note 1) et concernant l'opacité de la photosphère solaire. Utilisant la méthode décrite dans cette Note, nous avons calculé, à partir des nouvelles données, la profondeur optique $\tau_\lambda(T)$ pour $\lambda < 6000$ Å, pour diverses couches de la photosphère définies par leur température T.

La figure de la Note 1, qui représente les variations de $\tau_\lambda(T)$ en fonction de λ pour les différentes couches peut ainsi être remplacée par le réseau de la figure ci-après. Les deux figurent diffèrent principalement au-dessous de 3700 Å (4).

Nous allons essayer d'interpréter la forme de ces nouvelles courbes d'une façon plus précise que dans la Note 1.

II. *L'ion négatif hydrogène.* — Si, dans un certain intervalle spectral $\lambda_1 - \lambda_2$ l'opacité de la photosphère solaire est due à un seul type d'atomes,

$$\tau_\lambda(T) = n(T).K_\lambda, \tag{1}$$

où K_λ représente le coefficient d'absorption atomique et $n(T)$ le nombre d'atomes absorbants contenus dans une colonne de 1^{cm^2} de section au-dessus de la couche de la photosphère, dont la température est T. Donc le rapport $\tau_\lambda(T)/\tau_\lambda(T') = n(T)/n(T')$ reste constant entre λ_1 et λ_2.

Or on constate que les rapports $\tau_\lambda(T)/\tau_\lambda(T')$, que l'on peut ainsi former en comparant entre elles les ordonnées de deux courbes de la figure 1, présentent un palier dans la région 5000-6500 Å : l'opacité de la photosphère entre 5000

(1) Séance du 17 juillet 1946.

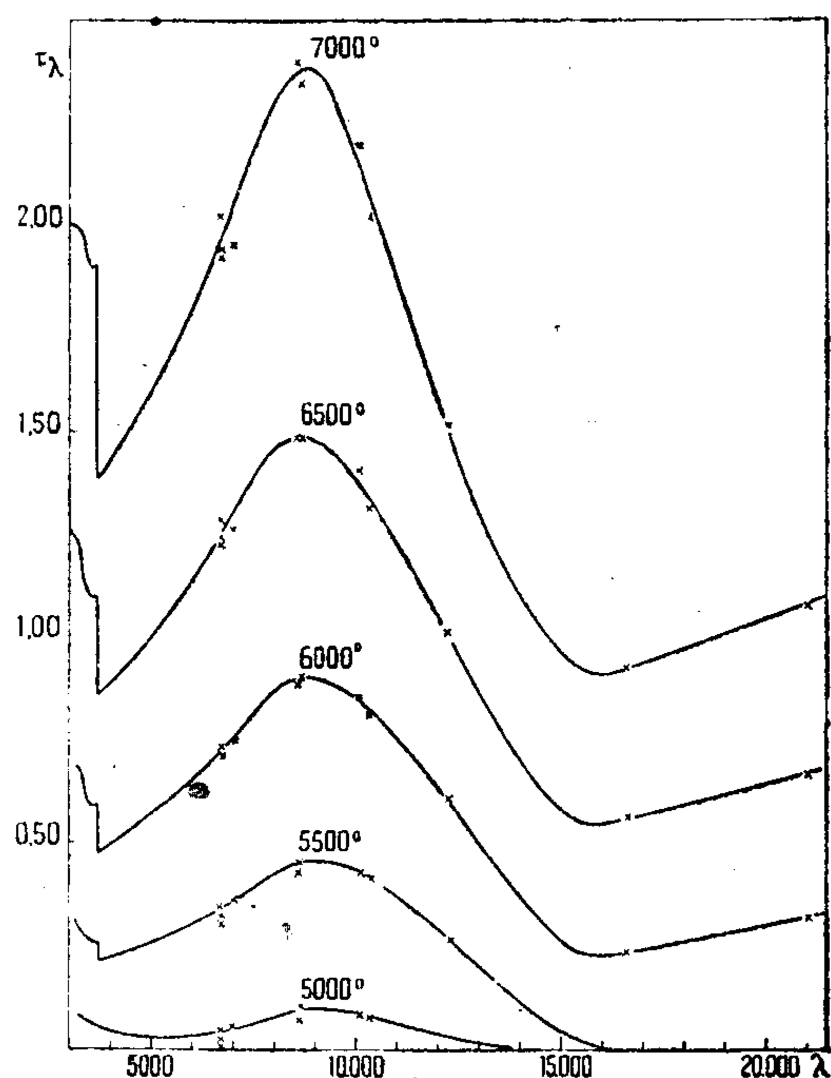
(2) Canavaggia et Chalonge, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 132.

(3) Chalonge et Kourganoff, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 91. Ce travail sera développé dans *Annales d'Astrophysique*, 9, 1946 (sous presse).

(4) Dans la figure de la Note 1, nous avons d'ailleurs souligné l'incertitude de l'ancienne détermination de cette partie par le trait discontinu.

et 6500 Å serait donc attribuable à un absorbant unique. Cet absorbant ne saurait être que H^- étant donné que cet ion est sûrement présent dans la photosphère et que son spectre couvre un domaine spectral qui englobe l'intervalle en question.

Cette conclusion peut être vérifiée et complétée par une autre méthode complètement indépendante de la précédente. L'équation (1) s'applique à H^- entre 5000 et 6500 Å. En dehors de cet intervalle $\tau_\lambda(T)$ doit être supérieur à $n(T).K_\lambda$, c'est-à-dire que $\tau_\lambda(T)/K_\lambda = N$ doit être supérieur à $n(T)$.



Les points observés, trop nombreux, n'ont pu être marqués au-dessous de 6000 Å.

Par conséquent N doit être fonction de λ et doit présenter un minimum égal à $n(T)$ dans l'intervalle 5000-6500 Å.

En adoptant pour K_λ les dernières valeurs déterminées par Chandrasekhar (5), on observe en effet le minimum prévu, pour les diverses fonctions N correspondant aux courbes de la figure 1.

On peut donc conclure que selon toute vraisemblance, H^- est la seule cause de l'opacité de la photosphère solaire entre 5000 et 6500 Å et que les coefficients de Chandrasekhar sont bons dans ce domaine. Les valeurs de $n(T)$ obtenues sont les suivantes

T°..................	5000.	5500.	6000.	6500.	7000.
$n(T).10^{-15}$..........	1,0	7,6	16,8	29,0	46,0

(5) *Astrophysical Journal*, **102**, 1945, p. 395.

III. *Autres absorbants.* — Comme autre absorbant, on identifie immédiatement l'atome H au-dessous de 3700 Å. Les discontinuités que l'on observe sur les courbes de la figure 1 à 3700 Å sont en effet dues à l'absorption continue de Balmer; les profondeurs optiques correspondantes $b_\lambda(T)$ sont entièrement définies par la formule de Kramers puisque l'on connaît $b_{3700}(T)$. Cette absorption ne se fait sentir qu'à partir d'une certaine profondeur étant donné que la courbe $\tau_\lambda(5000)$ ne semble pas présenter de discontinuité.

La quantité $r_\lambda(T) = \tau_\lambda(T) - n(T) K_\lambda - b_\lambda(T)$ représente la profondeur optique due aux absorbants autres que H et H^-. Ces absorbants semblent être au nombre de deux, un dans l'ultraviolet et un dans le visible et le début de l'infrarouge.

Du côté ultraviolet, r_λ croît régulièrement depuis 5000 Å environ (l'origine de l'absorption est assez mal définie) jusqu'à 3300 Å, dernière longueur d'onde étudiée. Cette absorption paraît due à un absorbant unique car, pour un couple donné TT′ de températures, le rapport $r_\lambda(T)/r_\lambda(T')$ est indépendant de λ. Cet absorbant existerait dès la surface.

L'absorption qui s'ajoute à celle de H^- au-dessus de 6500 Å semble plus complexe, car le rapport $r_\lambda(T)/r_\lambda(T')$ ne reste pas constant. Elle pourrait tout de même être due, comme nous l'avons signalé dans la Note 1, aux transitions entre orbites hyperboliques de H^-.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Un modèle classique du proton.* Note (1) de M. Félix Joachim Wisniewski.

Dans la présente Note on propose un modèle classique du proton permettant de rendre compte de la grandeur de son moment magnétique μ.

On admet que la charge électrique positive e est distribuée sur la surface du proton avec une densité constante σ.

Le proton étant en rotation autour de lui-même avec une vitesse angulaire ϖ, entraîne dans cette rotation la charge superficielle positive $+e$.

Cette rotation de la charge électrique superficielle est la cause du moment magnétique du proton.

Pour calculer le moment magnétique μ dû à la rotation du proton sur lui-même, on admettra que le proton a la figure d'une sphère.

Si l'on désigne par r le rayon de la sphère et par θ l'angle que fait l'axe de rotation avec un rayon vecteur, on a, pour l'élément de surface, l'expression

$$dS = 2\pi r^2 \sin\theta \, d\theta$$

et, pour l'élément de de la charge, l'expression

$$de = \sigma \, dS = 2\pi\sigma r^2 \sin\theta \, d\theta;$$

(1) Séance du 1er juillet 1946.

le moment magnétique $d\mu$ dû à la rotation de la charge de est

$$d\mu = \frac{1}{2}\frac{de}{c}r^2\sin^2\theta\varpi = \pi\frac{\sigma r^4\sin^3\theta\varpi\,d\theta}{c},$$

d'où

$$\mu = \pi\frac{\sigma\varpi r^4}{c}\int_0^{\frac{\pi}{2}}\sin^3\theta\,d\theta = \frac{4}{3}\pi\sigma r^4\frac{\omega}{c};$$

le moment mécanique I du proton en rotation autour de lui-même est

$$I = \int\omega x^2\,dm = \frac{8}{15}\pi\rho r^5\omega,$$

où

$$x = r\sin\theta, \qquad dm = 2\pi\rho r\sin\theta\,d\theta,$$

ρ est la densité de la masse du proton.

En introduisant la charge totale $+e$ et la masse totale M

$$e = 4\pi r^3\sigma, \qquad M = \frac{4\pi}{3}r^3\rho\omega,$$

on trouve, pour μ et I, les expressions

$$\mu = \frac{e}{3c^2}r^2\omega, \qquad I = \frac{2}{5}Mr^2\omega.$$

En éliminant $r\omega^2$ entre μ et I on obtient

$$\mu = \frac{5}{6}\frac{e}{Mc}I.$$

Posons

$$I = \frac{ih}{2\pi}; \qquad \mu_K = \frac{eh}{4\pi Mc},$$

alors

$$\mu = \frac{5}{3}i\mu_K,$$

où $\mu_K = 0,4967 \cdot 10^{-23}$ C.G.S.

On sait que le moment magnétique du proton est $\mu_p = 2,6\sqrt{\mu_K}$ (Estermann, Simpson et O. Stern, *Phys. Rev.*, 1937), où i est la grandeur que l'on nomme le *spin*.

On va envisager plusieurs cas.

En premier lieu on admettra que le moment magnétique du proton est dû entièrement à la rotation de la charge $+e$.

Dans ce cas, on obtient une valeur numérique voisine de la valeur déterminée expérimentalement en posant

$$i = \frac{3}{2}.$$

On obtient alors en effet

$$\mu_p = 2,5\,\mu_K,$$

en accord avec le nombre déterminé expérimentalement.

En second lieu on admettra que le moment magnétique total du proton est la somme du moment magnétique μ_N d'un neutron et du moment magnétique de rotation calculé plus haut

$$\mu_P = \mu_N + \frac{5}{3} i \mu_K.$$

Si l'on pose $\mu_N = \mu_K$, on sera d'accord avec l'expérience en posant $i = 1$, car alors

$$\mu_P = 2,667 \mu_K.$$

On obtient la même valeur en posant

$$\mu_N = -1,5 \mu_K \quad \text{et} \quad i = \frac{5}{2}.$$

Si l'on pose $i = 1/2$, on obtient la valeur exacte pour μ_P si

$$\mu_N = 1,77 \mu_K.$$

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la réflexion des ondes de choc.* Note ([1]) de M. **André Herpin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Considérons une onde de choc plane permanente, se propageant dans un tuyau cylindrique. Avant le passage de cette onde, le gaz est au repos, sa densité est ρ_0 et sa pression p_0. Après le passage de l'onde, le gaz est animé d'une vitesse d'ensemble u, sa pression est p et sa densité ρ. p_0, p, ρ_0 et ρ seront liés par la relation adiabatique dynamique d'Hugoniot

$$p = p_0 \frac{\beta\rho - \rho_0}{\beta\rho_0 - \rho}, \tag{1}$$

en posant $\beta = (\gamma + 1)/(\gamma - 1)$ (γ rapport des chaleurs spécifiques), soit, en utilisant les variables réduites $x = \rho/\rho_0$ et $\varpi = p/p_0$: $\varpi = (\beta x - 1)/(\beta - x)$. On retrouve immédiatement le résultat bien connu que le rapport des densités ne peut jamais être supérieur à β, l'augmentation de pression étant compensée par l'élévation de température. Si T_0 et T sont les températures du gaz avant et après le passage de l'onde, on a

$$\theta = \frac{T}{T_0} = \frac{\varpi}{x}. \tag{2}$$

La vitesse de propagation de l'onde est donnée par la formule suivante due à Hugoniot

$$c = \sqrt{\frac{p - p_0}{\rho - \rho_0} \frac{\rho}{\rho_0}}, \tag{3}$$

([1]) Séance du 22 juillet 1946.

Pour de grandes variations de pression, $p \gg p_0$, ρ est voisin de $\beta\rho_0$ et les formules (2) et (3) deviennent

$$\Theta \cong \frac{1}{\beta}\frac{p}{p_0} \tag{2'}$$

et

$$c \mp \sqrt{\frac{\beta}{\beta-1}}\sqrt{\frac{p}{\rho_0}} = c_0\sqrt{\frac{\gamma+1}{2\gamma}}\sqrt{\frac{p}{p_0}}, \tag{3'}$$

c_0 étant la vitesse du son dans le gaz au repos.

Supposons maintenant que le tuyau soit fermé à une extrémité par une paroi assez massive pour résister à la variation de pression sans se déformer. A un instant donné, l'onde atteint la paroi, mais, le gaz continuant à arriver, il va y avoir compression au voisinage de la paroi, d'où création d'une nouvelle onde de choc qui va se propager en sens inverse. C'est ce phénomène de réflexion que nous allons analyser; soient p' et ρ' les pression et densité après passage de l'onde réfléchie et c' la vitesse de propagation de cette onde par rapport au milieu dans lequel elle se propage, c'est-à-dire par rapport au gaz animé d'une vitesse u. Sa vitesse absolue est donc $v = c' - u$. Posons $x' = \rho'/\rho$ et $\varpi' = p'/p$. La vitesse c' est donnée encore par la formule d'Hugoniot

$$c' = \sqrt{\frac{p'-p}{\rho'-\rho}\frac{\rho'}{\rho}}, \tag{4}$$

p, p', ρ, ρ' étant reliés par la loi adiabatique dynamique (1).

Écrivons l'équation de conservation de la masse. On trouve facilement

$$(\rho'-\rho)(c'-u) = \rho u = (\rho - \rho_0)c. \tag{5}$$

En utilisant les valeurs des vitesses (3) et (4) et la loi adiabatique dynamique et après quelques transformations, on obtient

$$\frac{(x-1)^2}{\beta x - 1} = \frac{(x'-1)^2}{x'(\beta - x')}. \tag{6}$$

$x = \frac{\rho}{\rho_0}$.	$x' = \frac{\rho'}{\rho}$.	$\varpi = \frac{p}{p_0}$.	$\varpi' = \frac{p'}{p}$.	$\frac{c}{c_0}$.	$\frac{c'}{c_0}$.	$\frac{v}{c_0}$.	$\Theta = \frac{T}{T_0}$.	$\Theta' = \frac{T'}{T}$.
1	1	1	1	1	1	1	1	1
1,5	1,45	2	1,85	1,34	1,48	1,02	1,33	1,275
2	1,74	3,5	2,6	1,73	1,99	1,145	1,75	1,495
2,5	2	6	3,5	2,23	2,68	1,34	2,4	1,75
3	2,21	11	4,4	3	3,62	1,64	3,66	1,99
3,5	2,38	26	5,2	4,58	7,35	3,09	10,3	2,4
3,9	2,47	146	5,98	8,75	13,75	5,6	37,4	2,42

Pour éviter les complications provenant de la variation de la chaleur spécifique avec la température [ce qui a d'ailleurs pour effet d'invalider la formule d'Hugoniot (1)], nous avons fait les calculs dans le cas de gaz monoatomiques pour lesquels $\gamma = 5/3$ et $\beta = 4$.

Les colonnes 1 et 2 du tableau donnent quelques valeurs de x' en fonction de x, et les colonnes 3 et 4 les valeurs correspondantes de ϖ et ϖ'. Quand x tend vers 4, c'est-à-dire, pour des ondes de choc très rapides et des rapports de compression très violents, x' tend vers 2,5 et ϖ' vers 6. Donc, si une onde de choc se réfléchit sur un obstacle, la pression après réflexion est 6 fois la pression avant réflexion, ce qui peut expliquer les actions mécaniques extraordinaires des ondes de choc.

La vitesse c' se calcule facilement d'après la formule (4). Pour des ondes rapides, on trouve $c' = 1,12 c_0 \sqrt{(p/p_0)}$.

Quant à la vitesse absolue v, elle est égale, d'après (5), à $(\rho/\rho')c'$ soit, dans le cas limite, à $0,365\sqrt{(p/\rho_0)}$.

La température prend la valeur $T' = T(\varpi'/x') = T_0(\varpi\varpi'/xx')$.

Les colonnes 8 et 9 donnent ces valeurs de T/T_0 et T'/T. On voit que, pour des ondes très intenses, T'/T tend vers 2,4 environ. Ainsi lorsqu'une onde de choc rencontre un obstacle, la température absolue, déjà élevée par le passage de l'onde, est plus que doublée.

Cette théorie permet d'expliquer les effets très intenses que divers auteurs ont découverts, lorsqu'une onde de choc rencontre un obstacle. D'autre part, les phénomènes sont exactement les mêmes lorsque deux ondes de choc planes, de même amplitude, se rencontrent. L'élévation considérable de température et de pression qui en résulte doit permettre de rendre compte des luminosités extraordinaires observées en particulier par M. Muraour pour l'argon.

PYROTECHNIE. — *Sur l'augmentation de la brisance des explosifs d'amorçage par surcompression.* Note [1] de MM. **Henri Muraour** et **André Demay**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Si l'on augmente par compression la densité d'un explosif on observe en général :

a. une augmentation de la vitesse de détonation;

b. une insensibilité de plus en plus grande de l'explosif, l'amorçage devant être d'autant plus puissant que l'explosif est plus comprimé [2]. Dautrich a même montré que, pour certains mélanges explosifs à base de nitrate d'ammoniaque ou de chlorates, il existe une densité limite à partir de laquelle

---

(1) Séance du 17 juillet 1946.

(2) Ces faits sont en accord avec la théorie hydrodynamique de la détonation. En effet, d'une part, par suite de l'influence du co-volume, la vitesse de détonation doit augmenter avec la densité de l'explosif, d'autre part, toujours d'après cette théorie, l'onde explosive ne peut se propager que si la densité des produits de l'explosion est supérieure à la densité de l'explosif. La pression d'amorçage doit donc être d'autant plus forte que cette densité est plus élevée.

l'explosif ne détone plus, même sous l'influence d'un amorçage puissant : l'explosif est surcomprimé.

On a également désigné sous le nom de *surcompression* un phénomène observé avec les explosifs d'amorçage. (On sait que ces explosifs jouissent de la propriété de détoner par simple inflammation sans qu'il soit nécessaire de créer à leur contact une onde de choc.)

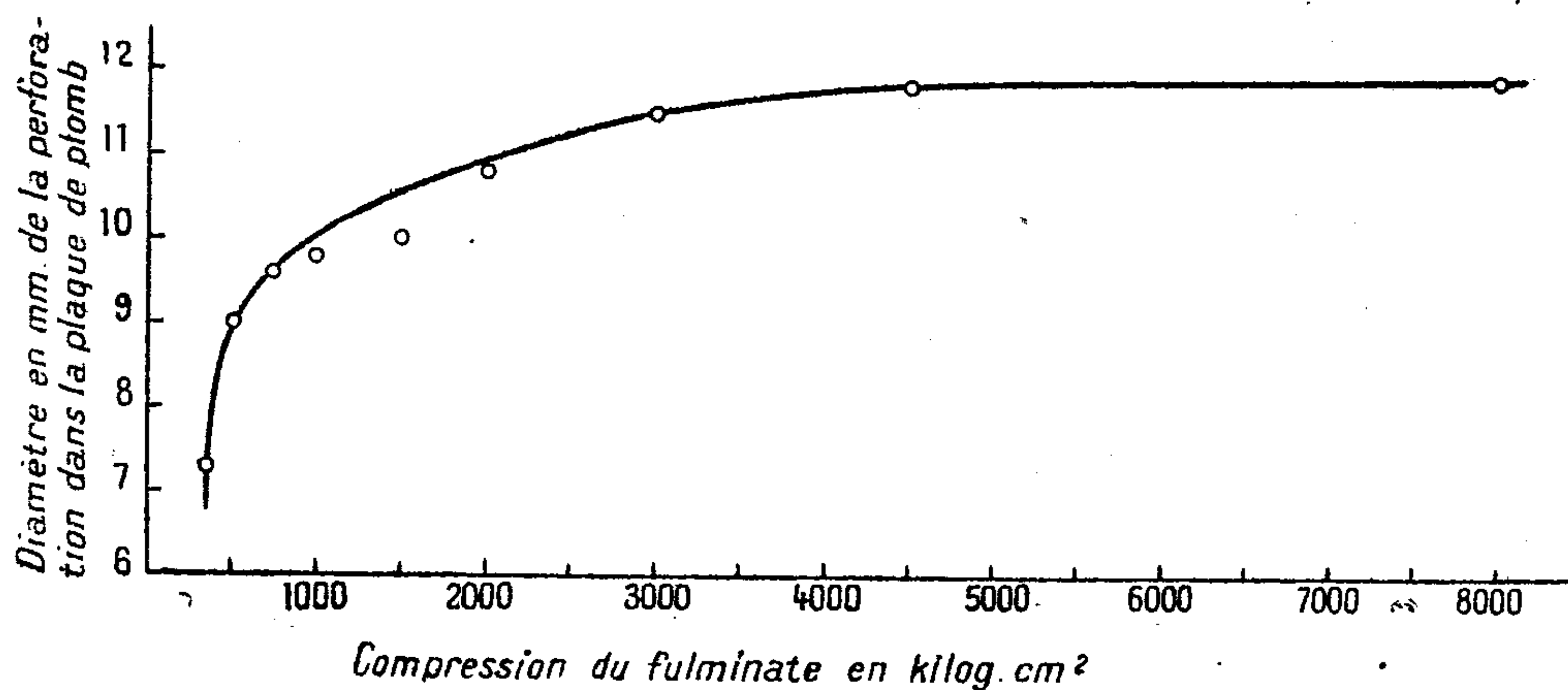
Le phénomène est particulièrement net avec le fulminate de mercure qui est surcomprimé au-dessus de 900 kg/cm², il existe aussi pour le trinitrorésorcinate de plomb. Par contre, le phénomène n'existe pas pour l'azoture de plomb qui, même comprimé à des pressions très élevées, détone toujours par simple inflammation sans aucune période de combustion.

Mais si le fulminate de mercure et le trinitrorésorcinate de plomb surcomprimés brûlent au contact d'une flamme sans produire d'effets brisants, ils n'en sont pas moins susceptibles de détoner si l'on crée à leur contact une onde de choc assez puissante, en les amorçant, par exemple, avec quelques décigrammes d'azoture de plomb.

Nous avons exécuté une série d'expériences en vue de rechercher si cette faculté de détoner subsiste encore pour les compressions très élevées, ou s'il est possible de mettre en évidence, pour ces explosifs, un véritable phénomène de surcompression analogue à celui observé avec les mélanges à base de nitrate d'ammoniaque et de chlorates.

Les expériences ont été exécutées dans les conditions suivantes :

Tube détonateur n° 8 à fond incurvé, compression en matrice sous presse hydraulique, diamètre du poinçon de compression $5^{mm},70$. Les détonateurs étaient chargés avec 1^{g} de fulminate comprimé à des taux croissants et amorcés



dans chaque cas par $0^{g},200$ d'azoture de plomb comprimé à 350 kg/cm². La puissance du détonateur a été mesurée par le diamètre du trou de perforation d'une plaque de plomb de 6^{mm} d'épaisseur. Les résultats obtenus ont été portés sur le graphique ci-joint. On voit que le diamètre du trou est passé

de $7^{mm},3$ pour une compression de 350 kg/cm² à $11^{mm},9$ pour une compression de 8000 kg/cm². D'autres essais effectués avec le trinitrorésorcinate de plomb, amorcé par $0^g,2$ d'azoture de plomb, ont montré également une augmentation très nette de la brisance avec le taux de compression. Les résultats obtenus avec le fulminate de mercure ont été confirmés par des essais exécutés suivant la méthode étudiée par l'un de nous, en collaboration avec A. Michel-Lévy (voir *Chimie et Industrie*, 47, 1942, p. 157).

Ces résultats sont extrêmement nets, non seulement le fulminate de mercure et le trinitrorésorcinate de plomb comprimés à 8000 kg/cm² détonent sous l'influence d'une amorce de $0^g,2$ d'azoture de plomb, *mais, de plus, la brisance de l'explosif est considérablement augmentée par la compression.* Le phénomène observé est donc essentiellement différent de celui mis en évidence pour les explosifs nitratés et chloratés. La surcompression des explosifs d'amorçage a pour unique effet de s'opposer au passage du régime de combustion au régime de détonation, sans diminuer en rien, tout au contraire, la brisance des explosifs convenablement amorcés.

Par quel mécanisme la surcompression s'oppose-t-elle à la transformation du régime de combustion en régime de détonation?

La vitesse de combustion des explosifs d'amorçage est toujours très grande; cette combustion rapide peut créer une surpression brusque analogue à un choc. Si l'explosif est suffisamment sensible ce choc est susceptible de donner naissance à l'onde explosive. La diminution de la sensibilité des explosifs fortement comprimés joue sans doute un rôle important dans les phénomènes de surcompression ([3]).

Dans le cas des explosifs nitratés et chloratés on peut admettre que l'explosif devient par surcompression si insensible que l'onde de choc qui pourrait être créée par sa propre décomposition (provoquée initialement par un amorçage puissant) est incapable de le faire détoner, il n'y a donc pas propagation au delà de la zone d'action du détonateur.

SPECTROSCOPIE. — *Reproduction au laboratoire du groupe 4050 Å du spectre des noyaux cométaires.* Note ([1]) de Mme **Renée Herman**, présentée par M. Jean Cabannes.

La plupart des radiations émises par les comètes ont pu être attribuées aux molécules C_2, CN, CH, CO^+, N_2^+ et CH^+. Parmi celles qui ont résisté, jusqu'ici, à toute tentative d'identification, figure en premier lieu le groupe

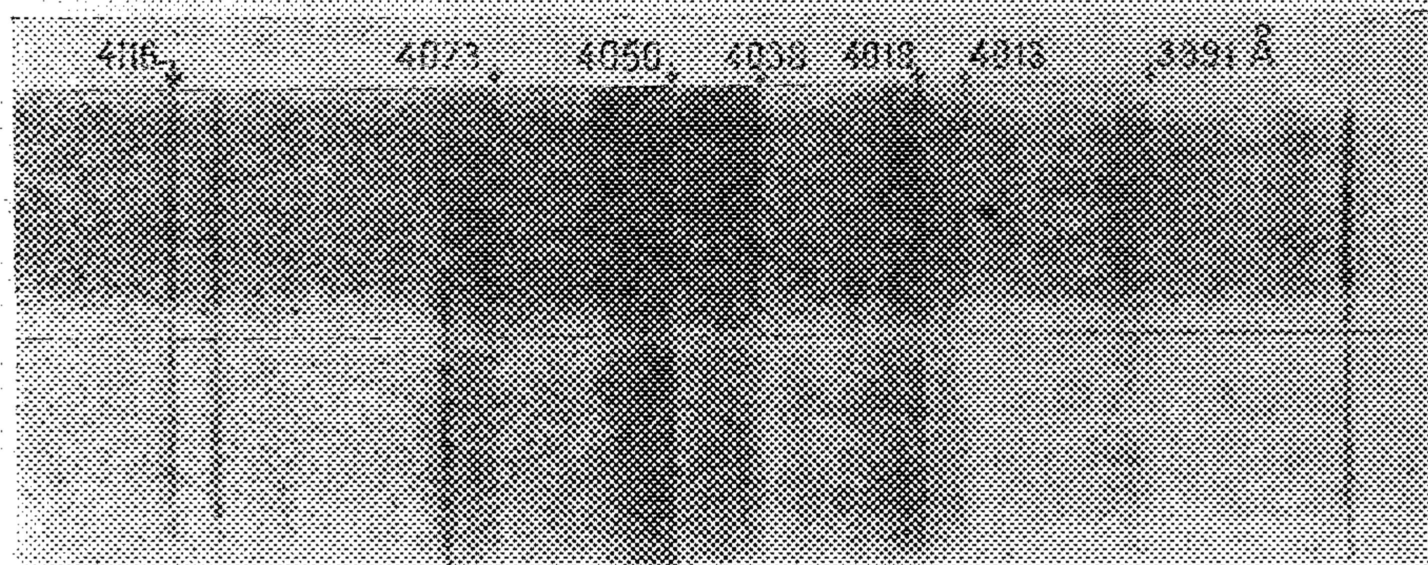
([3]) En ce qui concerne le cas particulier du fulminate de mercure, voir *Chimie et Industrie*, 36, 1936, p. 3; 45, 1941, p. 216; 47, 1942, p. 162.

([1]) Séance du 1er juillet 1946.

4050 Å des noyaux cométaires, qui s'étend approximativement de 3980 Å à 4140 Å environ. De nombreux essais ont été faits en vue de reproduire ce spectre au laboratoire. Jusqu'ici, seul Herzberg a réussi à provoquer son émission en excitant un courant gazeux de méthane par une décharge sans électrodes ([2]). L'émission éphémère de ces bandes a conduit cet auteur à les attribuer à la molécule instable CH_2, qui serait formée par la dissociation de CH_4 dans la décharge.

A ma connaissance, aucune mesure de longueur d'onde concernant ce groupe, au laboratoire, n'a été publiée jusqu'ici.

La présente Note signale les premiers résultats obtenus dans cette même région spectrale en excitant l'hydrogène fortement dilué dans une atmosphère de gaz rare par une décharge entre électrodes de carbone. En dehors du spectre du gaz rare et des bandes de CH, on trouve un système de bandes dégradé vers le rouge : sa structure de vibration assez complexe suggère qu'il est dû, soit à une molécule polyatomique, soit à une molécule diatomique peu stable, pour laquelle ω' serait peu différent de ω''.



Reproduction photographique. — La reproduction ci-dessus montre l'aspect de ce système. Certaines bandes ont une tête très nette alors que d'autres ont l'aspect de bandes sans tête. Cet effacement pourrait provenir de la variation rapide de $B' - B''$ d'une bande à l'autre.

Le tableau qui suit permet de comparer les bandes que j'ai trouvées au laboratoire aux radiations des noyaux cométaires. Sur mes clichés, la dégradation vers le rouge peut être aisément reconnue. Aussi ai-je pointé les têtes des bandes ou les bords-limites du côté des courtes longueurs d'onde. Cette dégradation ne semble pas avoir été observée dans les spectres des comètes et l'on devrait s'attendre à un décalage entre les deux observations, tout au moins pour les bandes sans tête.

([2]) *Astrophysical Journal*, 96, 1942, p. 314.

TABLEAU I.

Herman.	Swings [2] 1940 c.	Dufay [3] 1942 g.	Baldet [2].	Herman.	Swing 1940 c.	Dufay 1942 g.	Baldet.
3979,7	3979,7	3978,4		(4046,7)		4046,3	
3983,3			(3982,4)	4050,0		4040,0	
(3985,1)		3985±			4051,6		4051,6
3987,3	3987,2	3989,2	3988,4	4052,2		4051,6	
3990,8				(4054,9)	4054,2	4054,1	(4054,5)
	3992,6	3992,9	3993,1	(4056,2)		4056,1	
3994,5						4060,1	
		3995,6		4062,6			
(3997,1)	3997,5			(4063,2)	4064,3	4064,1	(4065,3)
(3998,1)		3997,9		(4067,1)	4066,7	4067,8	4067,7
4000,6				(4070,1)	4069,8	4069,4	
(4001,8)	4002,2	4002,0	4002,0	4072,3			
4006,8					4074,4	4073,6	4074,0
(4007,5)	4007,5	4007,2		4075,0			
4012,0	4013,2	4013,9				4079,1	
(4015,8)			4014,5	(4084,2)	4084,8	4085±	4085,1
4018,4	4019,4	4017,3		(4089,1)			(4089)
(4020,3)			4020,1	(4090,7)	4090,0	4090,2	
(4021,9)		4021,0				4096,7	
	4024,3	4024,2	(4025)	4098,5	4099,5	4099,5	4099,6
(4026,6)		(4026,4)		4101,5			
	4027,6	4029,5		(4102,0)		4102,2	
4033,0	4033,2	4032,6	4032,6	(4103,1)			
		4035,0		4105,1		(4106,2)	
4038,3	4039,6	4038,7	4039,6	4107,7			
(4042,5)	4041,8	4041,0					
4043,9	4043,6	4043,1	4043,0				

Le spectrographe utilisé ayant une dispersion insuffisante, il n'a pas été possible de séparer toutes les bandes de vibration. La classification est incertaine et il ne semble pas possible de choisir, à partir de mes mesures, entre une molécule polyatomique et une molécule diatomique instable. Toutes les classifications essayées conduisent à de faibles énergies de vibration, comprises entre 120 et 200 cm^{-1}, aussi bien au niveau supérieur qu'au niveau inférieur. Le tableau II, reproduit à titre d'exemple, contient 13 des bandes de ce groupe : les valeurs des ω sont de 138 et 157 cm^{-1}.

TABLEAU II.

v' \ v''	0	1	2	3	4
0..............	3987,3	4012,9	4038,3	4063,2	
1..............	3966,1	3990,8	4015,8		
2..............		3969,9	3994,5	4018,4	
3..............			3974,6	3998,1	4021,9

(²) *Cahiers de Physique*, 27, 1945, p. 39.

On ne peut admettre l'excitation par choc électronique ou par fluorescence d'une molécule CH_2 préexistante, car, dans mes expériences, le groupe 4050 apparaît même après que le gaz ait été soumis pendant plusieurs heures à une décharge condensée. Le spectre d'une telle molécule ne pourrait être émis qu'à la suite d'un choc entre une molécule CH et un atome H donnant un atome excité instable.

ÉLECTRONIQUE. — *Appareil réalisant l'enregistrement automatique des variations d'intensité d'une radiation, et l'intégration de cette intensité en fonction du temps.* Note [1] de MM. **Lucien Mallet** et **Robert Maurin**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Dans une précédente Note nous avons indiqué une méthode de mesure des rayonnements parasites émis dans les laboratoires de rayons X et de substances radioactives.

Nous proposons l'enregistrement automatique de tels rayonnements ainsi que l'utilisation de ce système de mesures pour toutes radiations, électromagnétiques ou corpusculaires.

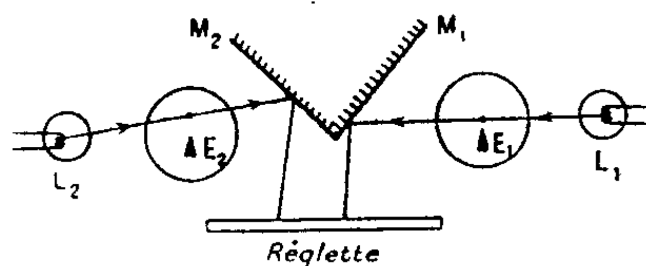
L'appareillage d'enregistrement comporte deux chambres, l'une destinée à mesurer la valeur de l'intensité instantanée du rayonnement (M. inst.), l'autre qui sert à mesurer la quantité totale du rayonnement reçu depuis le début de l'exposition (M. intégr.). Ces chambres sont représentées schématiquement par un cylindre dans l'axe duquel un fil tendu constitue l'armature isolée. Ce cylindre est porté à une tension constante assurant la saturation.

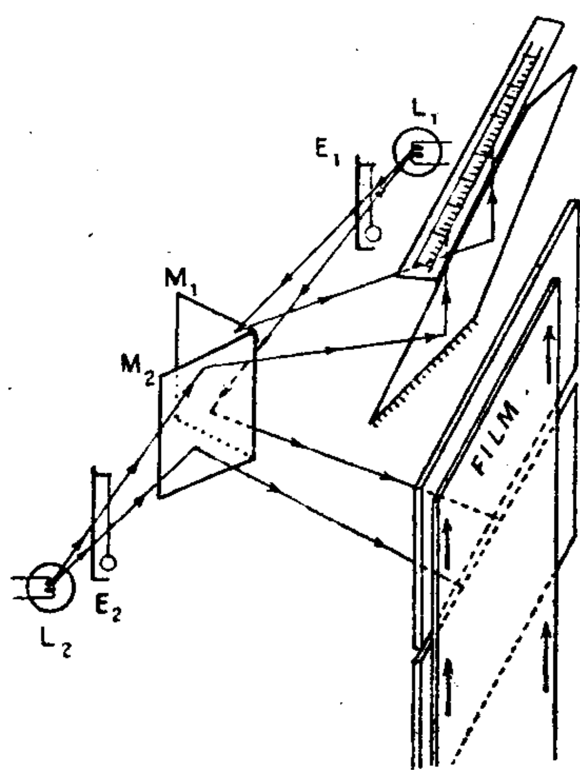
Dans le cas des mesures instantanées la chambre M. *i.* exposée au rayonnement a son armature interne solidaire de l'armature interne d'une chambre de fuite (F) dont l'armature externe revêtue d'un dépôt radioactif (oxyde d'urane par exemple) est à la terre. L'ionisation provoquée par le dépôt actif permet l'écoulement des charges de l'armature interne à l'armature externe. Il s'établit ainsi un potentiel d'équilibre pour les armatures internes solidaires de M. *i.* et de F. Ce potentiel sera d'autant plus élevé que les phénomènes d'ionisation dans M. *i.* seront plus grands, c'est-à-dire que le rayonnement est plus intense. Ce potentiel servira donc à caractériser l'intensité du rayonnement auquel M. *i.* est exposé (*fig.* 1).

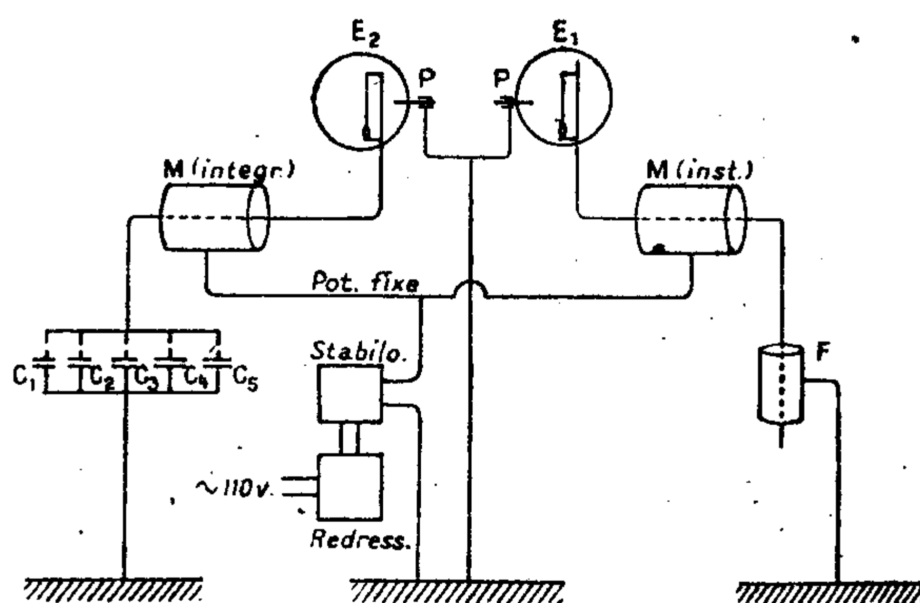
Les mesures de potentiel de l'ensemble des armatures internes se fait par l'électromètre E_1. Cet électromètre peut être à corde ou à cadran. Dans le premier cas la corde de l'électromètre est éclairée par l'arrière à l'aide d'une lampe à filament linéaire, dont la partie supérieure du faisceau lumineux projette l'ombre sur une réglette translucide (*fig.* 2 *a*). D'autre part la partie inférieure du faisceau lumineux vient se présenter devant une fente mince, disposée parallèlement au déplacement de l'ombre de la corde et devant

[1] Séance du 17 juin 1946.

laquelle se déplace, avec une vitesse réglable, une plaque photographique protégée du rayonnement à mesurer. Sur cette plaque enregistreuse s'inscrivent les différentes positions occupées par l'ombre de la corde, traduisant en fonction du temps, les différentes valeurs prises par l'intensité du rayonnement (*fig.* 2 *b*). Le mouvement peut être lent, permettant de suivre pendant plusieurs jours l'évolution de l'activité d'un produit ou l'intensité du rayonnement parasite émis dans un local, ou, au contraire, rapide pour l'étude







d'échantillons radioactifs à courte période. Lorsqu'il s'agit d'intégrer les quantités de rayonnement reçu, la chambre d'ionisation donnant les mesures de doses totales M.*t.*, a son armature interne solidaire d'un ensemble de condensateurs en nombre variable suivant la sensibilité désirée. L'ensemble (armature interne, condensateurs) se charge sous l'influence du rayonnement, et le potentiel atteint en fin d'exposition, donne la quantité totale de ce rayonnement. Ce potentiel est mesuré par un deuxième électromètre E_2. Le même dispositif optique permet la lecture et l'enregistrement dans le temps de la quantité de rayonnement.

Les chambres sont adaptées aux divers rayonnements à mesurer soit en faisant varier leur volume s'il s'agit de modifier la sensibilité, soit leurs parois, en vue de déceler des rayonnements corpusculaires du type neutrons, en les revêtant de substances destinées à provoquer l''ionisation par effet secondaire.

Pour la mesure de radioéléments émettant des rayons peu pénétrants, la substance radioactive est placée à l'intérieur même de la chambre.

Nous signalons que l'on peut utiliser aux mêmes fins, un compteur de rayons du type Geiger.

ÉLECTRONIQUE. — *Variations périodiques du courant de saturation des cathodes à oxydes.* Note [1] de M. **Robert Champeix**, présentée par M. Camille Gutton.

I. On sait que le courant de saturation d'une cathode thermionique augmente lorsqu'on fait croître le champ accélérateur auquel est soumis cette cathode. Schottky a montré [2] que le courant de saturation I (mesuré pour un champ accélérateur F) est lié au courant de saturation réel I_0 (mesuré pour un champ nul) par la formule

$$I = I_0 e^{\frac{\varepsilon^{3/2} F^{1/2}}{kT}},$$

où e est la base des logarithmes népériens, k la constante de Boltzmann, ε la charge de l'électron et T la température absolue; on voit d'après cette formule que, si l'on trace expérimentalement dans le domaine de la saturation la courbe $\log I = f(\sqrt{F})$, on doit obtenir une droite. C'est bien ce que l'on constate en effet, dans la plupart des cas.

II. Toutefois certains expérimentateurs américains [3] ont signalé, dans le cas du tungstène pur, que le courant de saturation décrivait une sinusoïde de faible amplitude de part et d'autre de la droite ainsi définie; ces auteurs indiquent que l'amplitude moyenne des sinusoïdes était de l'ordre de $\Delta \log I = 0,004$, pouvant exceptionnellement atteindre 0,012.

III. Nous avons décrit un dispositif [4] permettant la mesure du courant de saturation des cathodes à oxydes. La précision de cet appareil s'est révélée suffisamment bonne pour que nous ayons pu mettre en évidence, avec ce type de cathodes, des déviations périodiques du courant de saturation analogues à celles que les auteurs précités ont trouvées avec le tungstène pur. La figure montre les résultats obtenus avec un tube comportant une cathode à oxydes et une anode en tungstène.

L'amplitude des déviations périodiques de la droite de Schottky est beaucoup plus grande dans le cas des cathodes à oxydes que dans celui des métaux purs. Nous avons en effet constaté que l'amplitude moyenne des sinusoïdes obtenues était de l'ordre de $\Delta \log I = 0,012$, et que cette amplitude pouvait atteindre exceptionnellement $\Delta \log I = 0,04$.

IV. Une explication de ce phénomène a été donnée par E. Guth et Ch. Mullin [5], qui étudient mathématiquement l'équation de propagation de l'onde associée aux électrons, à travers la barrière de potentiel du métal consti-

---

(1) Séance du 22 juillet 1946.

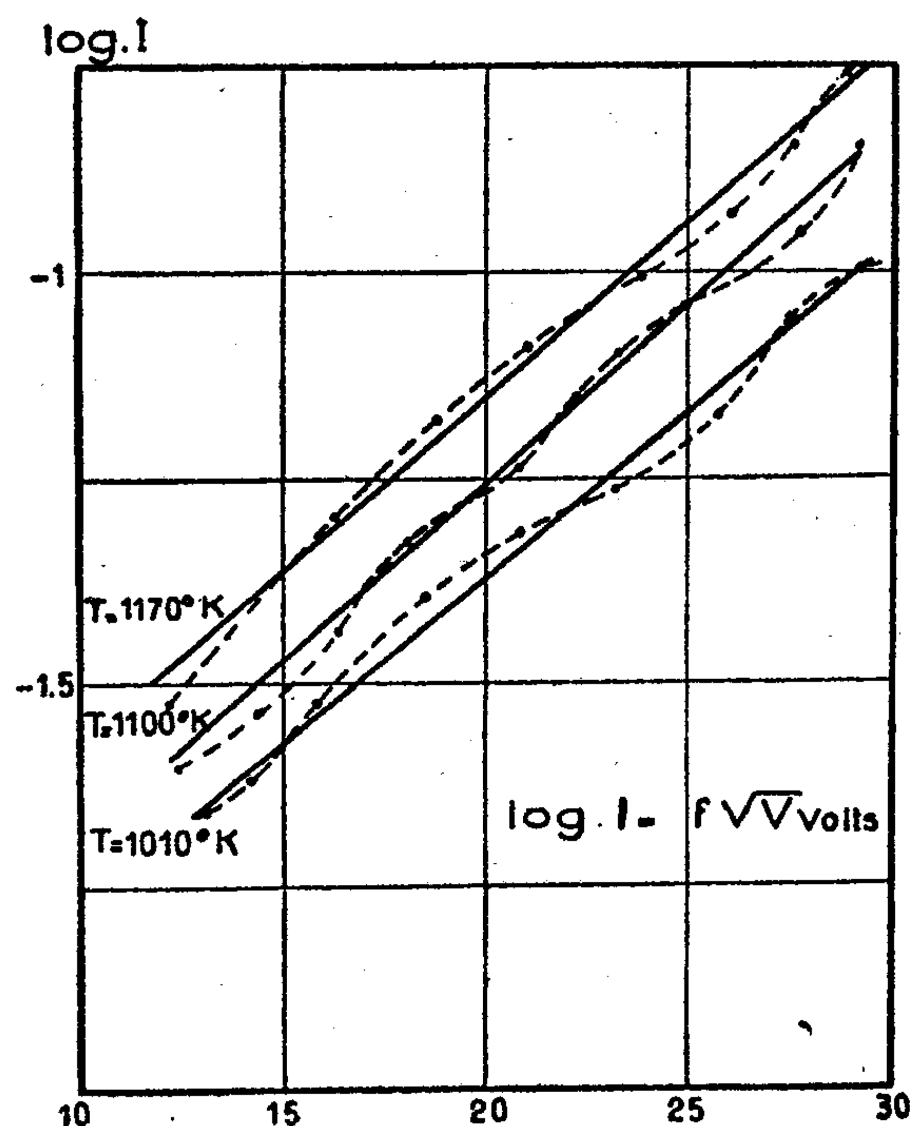
(2) *Z. Physik*, 14, 1923, p. 63.

(3) R. L. Seifert and T. E. Phips, *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 652; D. Turnbull and T. E. Phips, *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 663.

(4) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 736.

(5) *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 575.

tuant la cathode. Ils en déduisent qu'il y a des réflexions partielles, ce qui produit des interférences entre l'onde incidente et l'onde réfléchie, d'où la présence des maximums et des minimums constatés.



Paramètre : température de la cathode.
L'unité de courant est l'ampère.

Le fait que nous ayons trouvé, avec des cathodes à oxydes, des amplitudes de ces déviations plus grandes que celles qui ont été constatées avec des métaux purs comme émetteurs, semblerait confirmer la théorie ci-dessus. Il est en effet généralement admis que les cathodes à surface composite présentent une barrière de potentiel de forme telle que les réflexions des électrons, qui se dirigent de l'intérieur vers la surface, sont beaucoup plus importantes que dans le cas des cathodes constituées par des métaux purs.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence du noyau aromatique sur l'azéotropie binaire.* Note (¹) de M. **Maurice Lecat**.

Le noyau aromatique est défavorable à l'azéotropie ou à un grand écart δ quelles que soient les fonctions en jeu. Des exemples typiques sont consignés dans le tableau ci-après, où les systèmes sont couplés. Le classement par fonctions, sous-entendues, est alphabétique de [1] à [38]. Si le numéro de l'azéotrope est impair, ses constituants sont aliphatiques; sinon, l'un des deux est

(¹) Séance du 29 juillet 1946.

aromatique. L'imparité et la parité étant marquées par i et p, on a, souvent de façon très prononcée, $\delta_i > \delta_p$, bien que $\Delta_p < \Delta_i$ (argument *a fortiori*) ([2]). Il en est de même dans le couple [39-40], où il y a trois corps aromatiques, et dans [41-42] contenant le furfural.

Sauf le cas d'hétérogénéité liquide (H) ou de point de fusion trop élevé d'un constituant (F), la 7ᵉ colonne consigne le refroidissement M à la mixtion des constituants, à 18° et en poids égaux. On a toujours $M_i > M_p$; mieux : il y a une manière de parallélisme de $\delta_i - \delta_p$ à $M_i - M_p$.

Est-ce l'*anneau* (hexagonal) qui serait défavorable à l'azéotropie ? Non. C'est bien le noyau *aromatique*. Car les corps hexaméthyléniques se comportent à très peu près comme les corps de la série grasse, à preuve les couples de systèmes [43] à [60] ([3]), [15-61] et [33-62]. A part une légère divergence pour [43-44], $\Delta_i - \Delta_p$ rend compte de $\delta_i - \delta_p$, d'après l'allure des courbes δ. Et $M_i - M_p$ est très petit à partir de [43].

A.	B.	É A.	É B.	Δ.	É az.	δ.	M.	
Propanoïque.	Bromure hexyle *n*...	141,3	156,5	15,2	139,0	2,3	0,9	[1]
»	Bromobenzène.....	»	156,1	14,8	140,15	1,15	0,25	[2]
Ethanoïque.	Diisobutyle........	118,1	109,4	8,7	100,5	8,9	2,8	[3]
»	Toluène...........	»	110,75	7,35	104,95	5,8	1,2	[4]
Butanoïque.	Oxyde d'isoamyle...	164,0	173,2	9,2	161,8	2,2	0,4	[5]
»	Phénétol..........	»	170,45	6,45	162,35	1,65	0,1	[6]
Décanol-1.	Éthanamide........	232,8	221,15	11,65	211,5	9,65	F	[7]
Benzylcarbinol.	»	219,4	»	1,75	213,95	5,45	F	[8]
Décanol-1.	Propanamide.......	232,8	222,2	10,6	215,5	6,7	F	[9]
Benzylcarbinol.	»	219,4	»	2,8	217,7	1,7	F	[10]
Ethanediol.	Isovalér. isoamyle..	197,4	192,7	4,7	174,85	17,85	H	[11]
»	Benzoate méthyle...	»	199,4	2,0	182,2	15,2	H	[12]
Hexanol-1.	Oxyde d'isoamyle...	157,85	173,2	15,35	157,0	0,85	3,2	[13]
»	Phénétol..........	»	170,45	12,6	157,55	0,3	2,8	[14]
Aminoéthanol.	Oxyde d'isoamyle...	170,8	173,2	2,4	149,5	21,3	H	[15]
»	Phénétol..........	»	170,45	0,35	151,0	19,45	H	[16]
Chloréthanol.	Bromure hexyle *n*...	128,6	156,5	27,9	126,5	2,1	2,8	[17]
»	Bromobenzène.....	»	156,1	27,5	127,45	1,15	2,2	[18]
»	Diisobutyle........	128,6	109,4	19,2	101,0	8,4	4,1	[19]
»	Toluène...........	»	110,75	17,85	106,95	3,8	3,7	[20]
Ethylglycol.	Heptane normal....	135,3	98,4	36,9	96,5	1,9	3,3	[21]
»	Toluène...........	»	110,75	24,55	110,15	0,6	2,7	[22]
Butylglycol.	Oxyde d'isoamyle...	171,15	173,2	2,05	164,95	6,2	2,0	[23]
»	Phénétol..........	»	170,45	0,7	167,1	3,35	0,9	[24]
Propanamide.	Isovalér. isoamyle...	222,2	192,7	29,5	188,45	4,25	F	[25]
»	Benzoate méthyle...	»	199,4	22,8	196,95	2,45	F	[26]

([2]) Pour des azéotropes oxydes-uréthanne et hydrocarbures-nitriles, cf. *Bull. Acad. R. Belg. Sc.*, **29**, 1943, p. 277 [49 et 51]; *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 734 [69-70].

([3]) Aux azéotropes [49] à [52], on adjoindra les correspondants formés des monols en C_1, C_2, C_3 ou d'isobutanol. Cf. *Ann. Soc. Scient. Bruxelles*, **48**, 1928, II, pp. 107-112.

A.	B.	É A.	É B.	Δ.	É az.	δ.	M.	
Éthanamide.	Oxyde d'isoamyle...	221,15	173,2	47,95	166,95	6,25	F	[27]
»	Ox. M et *p*-crésyle..	»	177,05	44,1	174,2	2,85	F	[28]
Acétylacétate d'éthyle.	Oxyde d'isoamyle...	180,4	173,2	7,2	167,4	5,8	3,7	[29]
»	Ox. M et *p*-crésyle..	»	177,05	3,35	175,7	1,35	0,5	[30]
Acétate d'éthyle.	Hexane normal.....	77,1	68,8	8,3	65,1	3,7	4,7	[31]
»	Benzène...........	»	80,15	3,05	Zéotr.	0	0,75	[32]
Nitrate d'éthyle.	Heptane normal....	87,7	98,4	10,7	82,8	4,9	4,6	[33]
»	Benzène...........	»	80,15	7,55	80,03	0,12	0,5	[34]
Oxalate de méthyle.	Oxyde d'isoamyle...	164,45	173,2	8,75	154,8	9,65	F	[35]
»	Phénétol	»	170,45	6,0	161,35	3,1	F	[36]
Heptane normal.	Éthylal............	98,4	87,95	10,45	87,8	0,15	2,0	[37]
Benzène.	»	80,15	»	7,8	Zéotr.	0	0,9	[38]
Octanol-1.	Acétophénone......	195,2	202,0	6,8	194,95	0,25	4,5	[39]
Phénylcarbinol.	» (*Mixtion à* 21°).	205,25	»	3,25	Zéotr.	0	4,0	[40]
Furfural.	Oxyde d'isoamyle...	161,45	173,2	11,75	153,9	7,55	H	[41]
»	Anisol.............	»	153,85	7,6	153,2	0,65	H	[42]
Éthanoïque.	Heptane normal....	118,1	98,4	19,7	92,3	6,1	2,8	[43]
»	Méthylcyclohexane..	»	101,15	16,95	95,2	5,95	2,6	[44]
Hexanol-1.	Lactate d'éthyle....	157,85	154,1	3,75	153,7	0,4	2,5	[45]
Cyclohexanol.	»	160,8	»	6,7	153,95	0,15	1,8	[46]
Hexanol-1.	Paradichlorbenzène.	157,85	174,4	16,55	157,65	0,2	F	[47]
Cyclohexanol.	»	160,8	»	13,6	160,2	0,6	F	[48]
Butanol-1.	Heptane normal....	117,8	98,4	19,4	93,95	4,45	3,1	[49]
»	Méthylcyclohexane..	»	101,15	16,65	96,4	4,75	2,9	[50]
Diméthyléthylcarbinol.	Heptane normal....	102,35	98,4	3,95	92,15	6,25	2,1	[51]
»	Méthylcyclohexane..	»	101,15	1,2	93,9	7,25	1,9	[52]
Hexanol-1.	Anisol.............	157,85	153,85	4,0	151,0	2,85	5,4	[53]
Cyclohexanol.	»	160,8	»	6,95	152,3	1,55	5,2	[54]
Acétate de propyle.	Heptane normal....	101,6	98,4	3,2	93,6	4,8	3,5	[55]
»	Méthylcyclohexane..	»	101,15	0,45	95,45	5,7	2,5	[56]
Heptane normal.	Chloropicrine......	98,4	111,9	13,5	98,32	0,08	1,7	[57]
Méthylcyclohexane.	»	101,15	»	10,75	100,8	0,35	1,5	[58]
Heptane normal.	Acétal............	98,4	103,55	5,15	97,75	0,65	1,4	[59]
Méthylcyclohexane.	»	101,15	»	2,4	99,65	1,5	1,3	[60]
Cyclohexanol.	Phénétol	160,8	170,45	9,65	159,5	1,3	2,6	[61]
Nitrate d'éthyle.	Méthylcyclohexane..	87,7	101,15	13,45	83,85	3,85	5,0	[62]

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude potentiométrique de l'oxydation des hydroxydes nickeleux, cobalteux et manganeux.* Note ([1]) de M. **Jean Besson**, présentée par M. Louis Hackspill.

Développant une méthode décrite par Rollet ([2]), j'ai montré ([3]) comment l'étude de la réduction électrolytique d'une anode en platine recouverte de

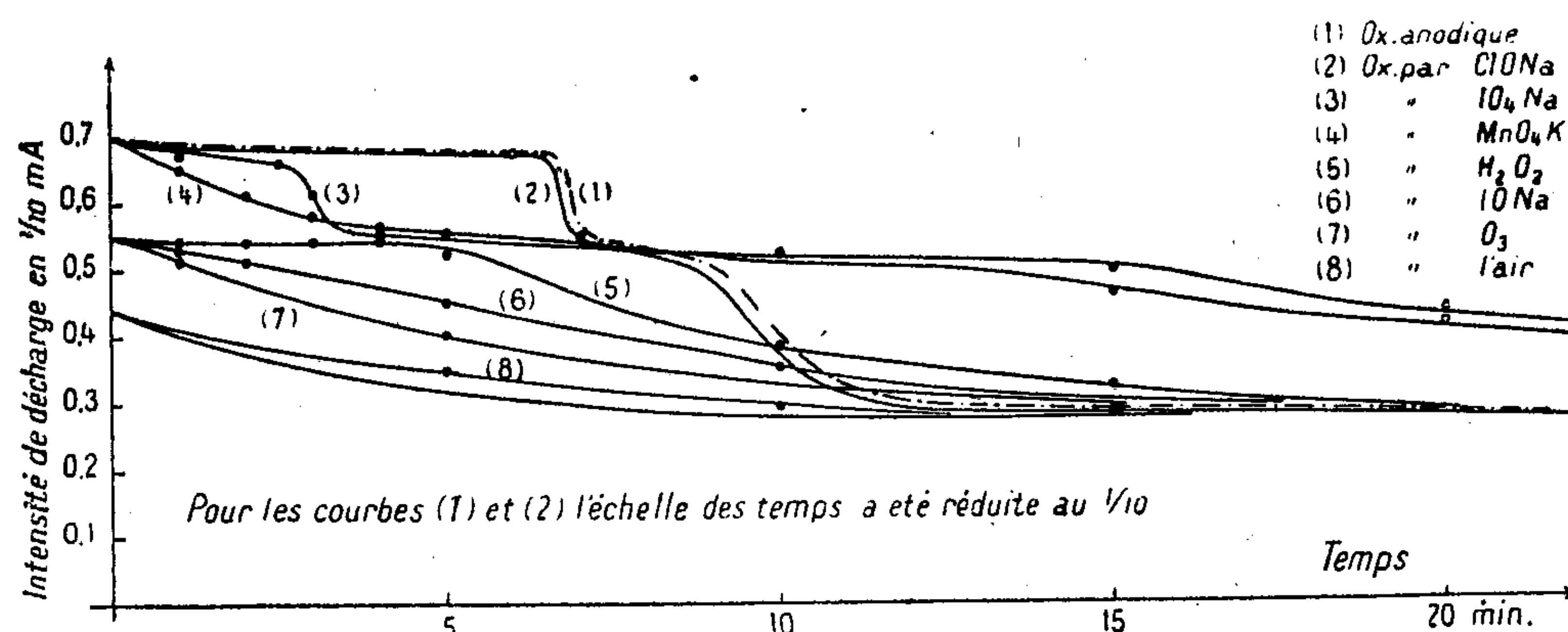
([1]) Séance du 17 juillet 1946.
([2]) *Ann. Chim.*, **13**, 1930, p. 202.
([3]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 28.

nickel, cobalt ou manganèse permet de caractériser simplement les peroxydes définis de ces métaux qui se sont formés par oxydation anodique. Cette méthode se prête également, sans modification du dispositif expérimental, à une application un peu différente, dont on ne semble pas avoir tiré parti jusqu'ici :

Après réduction à l'état divalent de la couche d'oxydes déposés sur le fil de platine, j'ai pensé à produire l'oxydation de cette couche non plus par voie électrolytique, mais en plongeant l'anode dans une solution alcaline de l'oxydant dont on veut étudier l'action. Après un lavage rapide à l'eau distillée, l'anode reportée dans la cellule électrolytique doit y prendre le potentiel correspondant au peroxyde qui s'est formé. Si ce peroxyde s'est formé quantitativement, on doit observer, au cours de la décharge ultérieure, la totalité du palier correspondant. Si l'oxydation n'a été que partielle, on n'obtient qu'une partie de ce palier. Enfin, si très peu de peroxyde seulement a pris naissance, le potentiel prend, pendant un temps très court, la valeur correspondant à la fin du palier, puis subit une chute jusqu'au palier suivant.

La méthode consiste donc à produire sur l'électrode même la réaction que l'on veut étudier. Elle suppose, que l'on a pu identifier les peroxydes métalliques correspondant aux différents points d'inflexion de la courbe de référence fournie par l'oxydation anodique.

L'expérience vérifie entièrement les prévisions. La figure donne, à titre d'exemple, les courbes de décharge obtenues avec les anodes recouvertes



d'oxyde nickeleux puis traitées par différents oxydants en solution de potasse 3 N. La courbe de référence obtenue après oxydation anodique est figurée en traits interrompus. On remarque immédiatement que toutes les courbes convergent en trois points de l'axe des ordonnées, points qui correspondent précisément au potentiel du sesquioxyde Ni_2O_3, de l'oxyde salin Ni_3O_4 et du protoxyde NiO. Elles permettent de conclure que :

1° l'hydroxyde $Ni(OH)_2$ est totalement oxydé à l'état de sesquioxyde Ni_2O_3 par les hypochlorites, hypobromites et persulfates alcalins si la quantité d'oxydant est suffisante; sinon on obtient l'oxyde salin Ni_3O_4;

2° les periodates et permanganates, qui sont sans action apparente sur $Ni(OH)_2$, en oxydent néanmoins une très faible quantité à l'état de sesquioxyde;

3° les hypoiodites, l'ozone et l'eau oxygénée conduisent à la formation d'une petite proportion d'oxyde salin Ni_3O_4. C'est l'explication de la teinte grisâtre que prend l'hydroxyde nickeleux par action de l'eau oxygénée, teinte que l'on a parfois attribuée à tort à la formation d'un bioxyde ou d'un composé d'addition.

Les mêmes expériences ont été faites avec succès pour le cobalt et le manganèse. Elles ont donné les résultats suivants :

L'oxydation de $Co(OH)_2$ par les hypochlorites, hypobromites, hypoiodites, persulfates et permanganates alcalins conduit au bioxyde CoO_2, qui reste plus ou moins mélangé de sesquioxyde. L'eau oxygénée ne donne qu'un mélange de sesquioxyde et d'oxyde salin Co_3O_4. Enfin l'oxygène de l'air agit lentement en donnant, semble-t-il, l'oxyde salin.

Quant au manganèse, tous les oxydants précédemment cités transforment son protoxyde en bioxyde MnO_2 quantitativement, à l'exception de l'eau oxygénée qui ne le donne que partiellement.

Tous ces résultats sont en parfait accord avec ceux de l'analyse. Ils mettent bien en évidence, en particulier, le comportement spécial de l'eau oxygénée dû au fait que celle-ci peut agir aussi bien comme oxydant vis-à-vis du protoxyde que comme réducteur vis-à-vis du sesquioxyde de nickel ou de cobalt.

En résumé la méthode proposée, qui semble susceptible d'une assez grande généralité, permet d'étudier l'action des oxydants sur un certain nombre de protoxydes métalliques. Elle présente sur la simple analyse chimique l'avantage de caractériser rapidement, par une grandeur physique, les peroxydes formés même en très petite quantité, et par là de distinguer les composés définis des mélanges.

PÉTROGRAPHIE APPLIQUÉE. — *Sur l'altération (dite* maladie des pierres) *des façades de* tuffeau *en Touraine et en Anjou.* Note ([1]) de M. **Jacques Bourcart.**

Les architectes observent dans les grandes villes : Londres, Paris, Bruxelles, depuis une quarantaine d'années, que les pierres calcaires employées en façade subissent une grave altération. Celle-ci se traduit, soit par une exfoliation des premiers centimètres, séparés de la pierre saine par une couche pulvérulente parfois envahie par les cloportes et les araignées, soit par la formation d'ampoules qui font éclater le vernis calcaire ou *calcin* qui se forme naturellement, par exsudation à la surface, des eaux de carrière saturées en CO_3Ca.

Le calcaire, dans sa partie altérée, est partiellement transformé en gypse. Ce sont les particules fines, jouant le rôle du ciment, qui sont le plus souvent

([1]) Séance du 29 juillet 1946.

sulfatées. Les cristaux de calcite restent alors intacts, mais l'accroissement des cristaux de gypse les sépare les uns des autres, ameublissant la pierre. J'ai montré ([2]) que, dans le cas des saillants : corniches (comme celle du Café Napolitain), membres de statues, la sulfatation peut être si importante que le saillant se rompt sous son propre poids.

Cette transformation a été attribuée par R. J. Schaffer ([3]) ou Camerman ([4]) à l'attaque par le SO_2 des fumées ou le $(NH_4)_2SO_4$ des suies revêtant les pierres de façade. On peut pourtant l'observer sur tous les édifices bâtis en tuffeau, pierre calcaire très poreuse, dans toute la Touraine et l'Anjou, aussi bien dans les grandes villes, alors même que, comme à Saumur, l'activité industrielle y est peu importante, que dans les campagnes.

J'ai été amené à faire les constatations suivantes :

1° Les exfoliations sont plus fréquentes dans les constructions datant du XIXe siècle que dans celles qui sont plus anciennes.

2° En général, les exfoliations sont rares sur les parties des monuments exposées à l'Ouest ou au Nord-Ouest, c'est-à-dire battues le plus souvent par la pluie. Dans ce cas, les monuments anciens sont atteints de ce type de corrosion que j'ai appelé *alvéolisation* ([5]) qui ne modifie pas la résistance de la pierre.

3° Les exfoliations se produisent au-dessus des saillants qui permettent le rejaillissement de la pluie, et à une certaine distance de tous les écoulements d'eau (tuyaux de gouttières etc.).

4° Aucune différence essentielle n'est à noter entre les monuments des petites agglomérations (Château de Montsoreau, par exemple) et de celles des grands centres.

5° La présence de fentes verticales (dues au gel) facilite la sulfatation de la pierre.

6° Tous les fragments exfoliés contiennent du SO_4Ca. Pour un même édifice la teneur varie avec l'exposition, les pierres altérées des façades au Nord, lavées par la pluie, sont beaucoup moins riches en gypse.

7° Tous les fragments exfoliés, même en pleine campagne, contiennent une proportion élevée de sulfures (à l'état de sulfure de fer).

Il est difficile, dans des endroits où les fumées sont aussi rares que dans la petite bourgade de Montsoreau de supposer que ces sulfures proviennent de la suie des fumées. J'ai donc été amené à rechercher s'ils ne préexistent pas dans le tuffeau. Des échantillons, provenant des carrières souterraines de Saint-Cyr et de La Munette (près de Saumur), ont été étudiés à cet effet. La pyrite de fer y a été reconnue au microscope dans le résidu d'attaque aux acides faibles

([2]) Aide-Mémoire de Géologie appliquée aux Travaux Publics, *Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics, Circulaire* D1, 1941, p. 12.

([3]) *Chemistry and Industry*, 42, VII, 1938, p. 943-947.

([4]) *Bull. Soc. Belge de Géol. Paléont. et Hydrologie*, IV, 1945, p. 133-139.

([5]) *Revue de Géogr. Phys. et de Géol. Dyn.*, 3, 1930, pp. 1-17.

dilués. La proportion, calculée en pourcentage de soufre, est en général inférieure à celle des sulfures dans les exfoliations.

Les résultats analytiques sont résumés dans le tableau suivant.

	SO_4Ca (g ‰).	Sulfures (g ‰) en S.	Sulfures (g ‰) expr. en FeS_2.
Tuffeau de carrières.			
Saint-Cyr	0	0,09	0,34
La Munette	0	0,08	0,30
Fragments dus à l'exfoliation de façade.			
Angers. Église St-Joseph. façade E	0,32	0,23	0,86
Tours. Cathédrale St-Gratien, façade S.	7,05	0,04	0,15
Château de Montsoreau, façade N.	traces	0,11	0,41
Château de Montsoreau, » E.	2,18	0,40	1,50

Il semble donç que les sulfures, entraînés par les eaux de pluie, pénètrent dans la pierre, s'accumulent sous la croûte imperméable de calcin où ils sont (probablement par action biologique) transformés en sulfates. Cette transformation ne se produit pas quand, le calcin étant détruit par alvéolisation, la pierre est restée poreuse. On pourrait en déduire que le grattage périodique des façades s'opposerait à leur dégradation.

ZOOLOGIE. — *Sur la présence d'une glande neurendocrine dans la maxille de* Thermobia domestica *Pack.* (*Insecte Thysanoure Lepismatide*). Note de M. **Jean Chaudonneret**, présentée par M. Louis Fage.

Plusieurs auteurs ont déjà décrit chez les Insectes des formations d'aspect glandulaire, dépourvues de canaux vecteurs et contractant des rapports plus ou moins étroits avec le système nerveux. Elles sont généralement connues sous le nom de *corpora allata* et de *corpora cardiaca*. On pense qu'il s'agit de glandes endocrines. Joly, dans un travail récent (1942) a décrit, chez les Dysticides, un renflement d'une branche du nerf maxillaire; il le nomme corpuscule jugal et n'est pas certain de sa nature (ganglionnaire ou glandulaire).

Nos recherches sur l'anatomie morphologique de *Thermobia domestica* nous ont conduit à mettre en évidence, dans la maxille de cet Insecte, une glande neurendocrine typique à laquelle nous proposons de donner le nom de corps *jugal*.

Elle est située contre la face externe des muscles adducteurs tentoriaux du stipes, près de leur insertion distale. Il s'agit d'un organe sphérique d'une cinquantaine de microns de diamètre, constitué par une seule assise de cellules tronc-pyramidales ménageant une cavité sphérique d'une dizaine de microns de diamètre. Ces cellules ont un aspect glandulaire typique avec un gros noyau sphérique ou ellipsoïdal à leur base et un cytoplasme apical granuleux.

La lumière de cette glande est parfaitement close et nous n'avons jamais vu la moindre trace d'un canal excréteur. Il s'agit donc bien d'une glande endocrine. Sa sécrétion est hyaline ou légèrement granuleuse et retient faiblement le vert lumière.

Le corps jugal est en relation très étroite avec le système nerveux maxillaire que nous ne pouvons songer à décrire ici de façon précise. La masse sous-œsophagienne envoie dans la mâchoire deux nerfs issus du neuromère maxillaire. Ces nerfs, richement ramifiés, contractent entre eux plusieurs anastomoses. Deux de ces anastomoses viennent s'étaler à la surface du corps jugal de façon à le recouvrir complètement. De ce revêtement nerveux partent trois nerfs se rendant aux muscles flexeurs du lobe interne et à des adducteurs tentorio-maxillaires. De plus, le nerf mandibulaire le plus postérieur envoie une branche mixte qui suit la limite des domaines mandibulaire et maxillaire, contracte une anastomose avec le corps jugal et se rend dans les régions latéro-dorsales de la tête pour innerver un muscle tergo-mandibulaire et une partie des téguments de la région oculaire.

Ainsi, l'innervation du corps jugal est très complexe et participe des neuromères mandibulaire et maxillaire.

Il serait intéressant d'expérimenter sur cette glande neurendocrine, comme Bounhiol l'a fait sur les *corpora allata* des larves de Libellules par exemple; mais, étant donné la situation du corps jugal, ses faibles dimensions et ses rapports nerveux, il nous semble impossible de l'atteindre sans abîmer la musculature et surtout sans détruire des connexions nerveuses importantes, ce qui ne manquerait pas d'altérer les résultats d'une expérience d'ablation.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La biométrie et la systématique de deux espèces de Gryllides,* Gryllus campestris, Gr. bimaculatus *et leurs hybrides.* Note de M[lle] **Germaine Cousin**, présentée par M. Louis Fage.

Dans une Note précédente [1] E. Rabaud et M.-L. Verrier mettent directement en cause, sans preuves valables et sans me nommer, les résultats de mes recherches sur l'hybridation interspécifique entre *Gryllus campestris* (C) et *Gr. bimaculatus* (B) publiés dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences,* t. 64. Il faut d'abord souligner de quelle manière ces auteurs sélectionnent leurs citations. Des descriptions de Finot, sont citées les longueurs respectives de différents organes qui forcément chevauchent, les deux espèces de Grillons étant presque de même taille, mais sont omises les caractéristiques spécifiques visibles même sans mensurations. Des considérations de L. Chopard sur la variation, n'est citée que la difficulté d'identifier certains individus, mais est négligé le fait que L. Chopard reconnaît que j'ai obtenu « des hybrides féconds

(1) *Comptes rendus,* 222, 1946, p. 922.

entre deux espèces bien caractérisées du genre *Gryllus* ». De Lutz, ne sont citées que les conclusions du manque d'entité spécifique morphologique, mais est omise l'opinion de Chopard sur l'erreur des conclusions de Lutz et sur la cause de cette erreur.

Ensuite ces auteurs suppriment, sans aucune preuve expérimentale, la caractéristique éthologique du creusement des terriers : tantôt ils sont « habitat exclusif de la forme *campestris* » alors que plus loin « les représentants d'une même espèce » creuseraient ou non des terriers selon les conditions de milieu. Depuis plus de 15 ans j'élève des Grillons et je puis certifier qu'en élevage C et certains hybrides creusent des terriers quand le substrat le permet et dans les mêmes conditions B n'en creuse jamais. Les preuves morphologiques des entités spécifiques C et B ne sont pas reconnues par ces auteurs qui appliquent inexactement ma propre méthode biométrique. Celle-ci exige des mensurations très précises et une interprétation rationnelle des données numériques et ces conditions n'ont pas été remplies.

Les mesures annoncées dans leur Note comme base de leurs conclusions viennent d'être publiées au *Bulletin biologique de la France et de la Belgique*. La grossièreté des mesures saute aux yeux sur figures et tableaux. En effet si les mesures étaient réellement faites tous les $0^{mm},25$ les nombres fractionnaires devraient être environ trois fois plus fréquents que les entiers. Les sexes sont mélangés et les mesures portées en vrac sur des tableaux de corrélation. Cette ignorance délibérée du dimorphisme sexuel est inadmissible, surtout dans une étude du polymorphisme spécifique. Mais la plus grave erreur des auteurs réside dans le fait de n'avoir pas mesuré personnellement les deux espèces C et B et d'avoir porté *leurs* mesures de C ♂♂ et ♀♀ sur des tableaux de corrélation où sont représentés les centres de gravité et les lignes figuratives que j'ai calculés avec *mes* mesures des *mâles seuls* de C et de B et de leurs hybrides. Or sur 8 caractères mesurés par ces auteurs sur les 46 présumés ♂ du Loiret (l'indication du sexe manque partout), 7 moyennes sont d'environ 10 % *au-dessus* des moyennes de mes C d'élevage et seule la hauteur de la face est de 16 % *au-dessous* (1,3 mm.). Il y a peu de chance pour que cette dépression de la tête de plus de 20 % (qui exclurait leurs C des genres *Gryllus* et *Gryllulus*) soit due à une mutation subite qui n'affecterait que les C mesurés par ces auteurs et beaucoup pour qu'elle soit due à une interprétation différente des points de repère de ce caractère.

Ce raccourcissement de 13 classes en ordonnées et l'allongement de 10 classes de $0^{mm},1$ pour les tibias en abscisses décalent d'autant sur le tableau hétérogène de ces auteurs la population de leurs C et la superpose à mes hybrides BC et à mes B. Cette identification n'est donc pas valable. Mais serait-elle encore exacte qu'elle n'aurait aucune signification car en principe, une identification par un indice ne peut permettre la fusion de deux espèces. Ainsi l'indice céphalique peut être semblable chez les Grillons et tout autre animal à tête

globuleuse, en conclure que tous représentent des aspects polymorphes d'une même espèce serait absurde. Par contre l'existence d'indices caractéristiques différents ayant chacun leur distribution gaussienne propre permet toujours d'affirmer la présence de deux entités morphologiques génétiquement distinctes. Or l'indice *Tête larg./Élytre long., même avec les mesures de ces auteurs,* sépare leurs C de mes B. En effet tous les indices individuels des C sont au-dessus de 0,45 tandis que tous mes B sont au-dessous. Aucun de mes 1023 C et B et de leurs 92 C ne fait exception à cette règle. Cet indice caractéristique moyen chez les C présumés ♂ du Loiret est de 0,5594, chez mes Grillons C ♂ de 0,5593 alors que chez mes B il est de 0,4102.

Il ne reste donc rien à retenir de la Note de ces auteurs pour une étude de la notion d'espèce. Le prétendu polymorphisme de l'espèce C se résout en dimorphisme sexuel et en une variabilité exagérée liée à la grossièreté des mesures. L'identification de leurs C avec mes hybrides est due à l'erreur de la superposition des mesures non contrôlées. Enfin l'amusante séparation en deux espèces obtenue avec les mesures de ces auteurs pour leurs deux lots de C qualifie leurs mesures et s'explique aussi facilement. Toutefois si Lutz a pu fournir selon L. Chopard, « un exemple typique des erreurs auxquelles peuvent conduire les méthodes biométriques appliquées d'une façon trop étroite », voici avec les conclusions de la Note de ces auteurs, un exemple certainement unique des erreurs auxquelles peuvent conduire les méthodes biométriques lorsqu'elles sont appliquées d'une façon trop lâche.

Les espèces C et B restent donc deux bonnes espèces dans le sens usuel donné à la notion d'espèce. Elles sont parfaitement distinctes au sens morphologique (huit indices taxonomiques à grand pouvoir séparateur), éthologique (distribution géographique, constance du terrier de C), physiologique (en élevage : rythme des générations, durée du développement, pigmentation, régime), pathologique (néoténie, résistance aux infections) génétiques (entités distinctes de deux F_1 réciproques à distributions gaussiennes distinctes, dominance des ailes, caractères liés au sexe etc.). Il en est généralement moins donné dans les diagnoses d'espèces.

La séance est levée à 15h 40m.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 1er juillet 1946.)

Note de MM. *Antonio Sosa* et *Charles Sannié*, Le *citrifolioside*, flavanonoside nouveau de *Citrus trifoliata* L. :

Page 46, ligne 16, *au lieu de* faiblement, *lire* facilement.
» 47, » 12, » 16,7, » 17,4.

(Séance du 22 juillet 1946.)

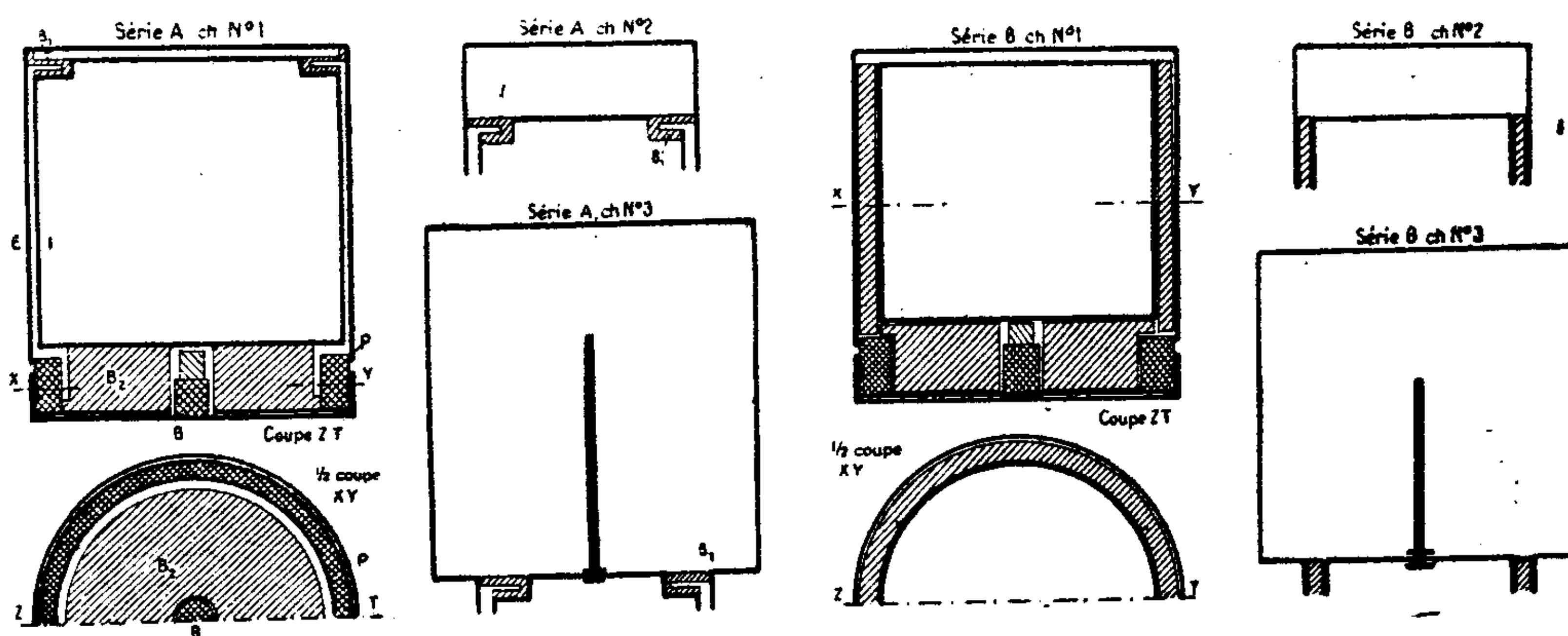
Note de MM. *Gabriel Bertrand* et *Didier Bertrand*, Sur la présence et le dosage du rubidium dans les terres arables :

Page 184, ligne 2 de la note (7), *au lieu de* telles que, *lire* en particulier, sur le nickel et le cobalt, le soufre total, le baryum, le molybdène, par....

(Séance du 29 juillet 1946.)

Note de MM. *Lucien Mallet* et *Robert Maurin*, Chambres d'ionisation mobiles destinées à la mesure des rayonnements parasites nocifs émis dans les laboratoires de rayons X et de radioactivité :

Page 239, remplacer la figure, insérée par erreur, par la suivante :



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 AOUT 1946.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** donne connaissance à l'Académie du texte voté par le Conseil International des Unions Scientifiques (24 juillet 1946) :

En conclusion des travaux de l'Assemblée Générale du Conseil International des Unions Scientifiques, dont M. Émile Borel a rendu compte ([1]), une *Note polycopiée* a été distribuée. En attente du texte définitif que publiera le Comité exécutif, j'en donne la *traduction provisoire :*

1. L'Assemblée Générale du Conseil International des Unions Scientifiques voit dans la grande puissance pour le bien ou le mal que les recherches sur l'énergie nucléaire mettent à la disposition de l'Homme une grande et opportune occasion de réaliser une nouvelle unité internationale, afin de développer les avantages inhérents à l'énergie nucléaire et d'en éviter le mauvais emploi. L'Assemblée Générale appuie fortement les efforts actuels des Nations Unies pour atteindre un résultat immédiat, efforts à réaliser avec la collaboration de savants qualifiés, et donne officiellement son accord si important pour le succès. L'Assemblée Générale insiste sur l'opportunité actuelle d'empêcher la guerre par l'adhésion à cette nouvelle unité internationale.

L'Assemblée Générale espère que l'accord qui se fera sur les applications de l'énergie nucléaire peut préparer un progrès important dans la coopération internationale pour résoudre les problèmes économiques et politiques. Le développement des accords facilitera l'accès à un meilleur avenir de l'humanité, l'utilisation rationnelle des ressources naturelles, l'élimination des causes de discussion et la solution des difficultés qui résultent d'un changement continu des situations dans le monde en raison des progrès scientifiques et techniques.

2. L'Assemblée Générale est d'avis que l'énergie nucléaire n'est pas l'unique facteur scientifique qui puisse avoir des effets bons ou mauvais. Les produits biologiques et biochimiques, par exemple, n'ont pas été utilisés dans la

([1]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 225.

dernière guerre, mais la menace de leur emploi peut être aussi inquiétante que celle de la bombe atomique; cependant les progrès réalisés dans leur préparation peuvent apporter le plus grand bénéfice à l'ensemble de l'humanité.

L'Assemblée Générale est convaincue que la sécurité internationale et le mieux-être seraient irréalisables si, quelque nation, par le secret conservé en vue d'usages militaires, avait l'intention de se réserver l'utilisation des découvertes scientifiques ou d'empêcher la franche discussion et la large publicité des résultats acquis. « Il n'y a aucun contrôle international, ni aucune coopération internationale qui puisse limiter la communauté internationale de la science. »

3. L'Assemblée Générale du Conseil International des Unions Scientifiques au nom des hommes de science des nations représentées impose aux savants et à leurs collaborateurs les devoirs :

a. de maintenir la franchise, l'honnêteté, la probité dans la coopération et de travailler dans un esprit de compréhension internationale;

b. de pousser le développement de la science dans la voie la plus utile à l'humanité et de limiter autant que possible son mauvais emploi;

c. de servir la communauté non seulement par leurs recherches spécialisées, mais, autant qu'il leur sera possible par l'éducation du public, en faisant connaître les buts et les conquêtes de la science.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Remarques sur la formule de Boltzmann relative aux systèmes périodiques.* Note de M. LOUIS DE BROGLIE.

Rappelons brièvement les résultats de Boltzmann relatifs aux systèmes périodiques. Soit un système mécanique dont le mouvement, envisagé dans un référentiel lié à son centre de gravité, est strictement périodique de période $\tau = 1/\nu$. On suppose l'état du système défini par deux catégories de variables de Lagrange : 1° des variables q_i à variations rapides; 2° des variables a_i qui restent constantes quand le système est dans un état déterminé et ne varient que quand le système passe d'un état à un autre. Les variables q_i sont des variables microscopiques représentant l'état interne du système et leurs variations correspondent aux mouvements calorifiques : elles sont donc analogues aux coordonnées des molécules d'un gaz. Les variables a_i, ou variables macroscopiques, traduisent les conditions extérieures auxquelles le système est soumis et leurs variations lors d'un changement d'état correspond à un travail effectué sur le système : elles sont donc analogues aux variables qui, dans le cas d'un gaz, fixent la position des parois du récipient où il se trouve.

Un exemple simple et classique est celui d'un pendule dont on peut faire varier la longueur en déplaçant un anneau sur le fil de suspension. Un autre exemple analogue est celui d'une fronde si la longueur du fil qui retient la masse en rotation peut être modifiée. Dans ces exemples, il y a une seule

variable q. Pour simplifier, nous supposerons qu'il en est ainsi dans les cas que nous considérerons, q ayant d'ailleurs le caractère d'une phase sans dimensions, fonction linéaire du temps de la forme $q = 2\pi\nu t$, comme c'est le cas pour l'angle de rotation d'une fronde.

Voici maintenant le résultat de Boltzmann [1]. Si $A = \oint p\,dq$ désigne l'intégrale cyclique d'Action maupertuisienne prise sur une période complète du mouvement dans l'état initial du système, la quantité de chaleur fournie au corps lors d'un changement d'état *réversible* (c'est-à-dire l'augmentation de l'énergie liée aux variations rapides de q) est donnée par la formule

$$\delta Q = \nu\,\delta A. \tag{1}$$

En particulier, dans les transformations adiabatiques où l'état du système varie sans apport de chaleur ($\delta Q = 0$), la grandeur A reste invariable : tout comme l'entropie, l'intégrale cyclique d'Action maupertuisienne reste alors constante. C'est là le théorème de l'invariance adiabatique dont on connaît l'importance en théorie quantique.

Nous allons chercher à comparer la formule (1) avec la formule thermodynamique

$$\delta Q = T\,\delta S, \tag{2}$$

valable, elle aussi, pour les transformations réversibles. Cette comparaison peut se faire de deux manières différentes :

a. On peut chercher à rapprocher la formule (1) de la relation générale entre entropie et probabilité due également à Boltzmann

$$S = k \log P. \tag{3}$$

Pour définir P, on peut hésiter entre plusieurs définitions [2] qui sont équivalentes quand le nombre des degrés de liberté est très grand, mais qui divergent quand il est petit. N'ayant ici par hypothèse qu'un seul degré de liberté, nous devons choisir entre ces définitions. Adoptant l'une d'elles, nous supposerons que P est égal à l'aire $\mathcal{A}$ intérieure à la courbe fermée qui représente le mouvement du système périodique dans l'extension en phase à deux dimensions pq. Plus précisément, pour tenir compte de la notion quantique de cellules d'extension en phase, nous poserons

$$P = \iint_{\mathcal{A}} \frac{dp\,dq}{h} = \frac{1}{h}\oint p\,dq = \frac{A}{h}, \tag{4}$$

---

(1) Pour la démonstration, voir par exemple Léon Brillouin, *Les Tenseurs en Mécanique et en Élasticité*, Paris, 1938, p. 176.

(2) Voir Léon Brillouin, *Les statistiques quantiques*, Paris, 1930, 1, p. 94.

h étant la constante de Planck. Si l'on écrit (1) sous la forme équivalente

$$\delta Q = \nu A \delta \log \frac{A}{h}, \tag{5}$$

on pourra identifier (2) et (5) en posant

$$kT = \nu A = \frac{1}{\tau}\int_0^\tau p\dot{q}\,dt, \qquad S = k \log \frac{A}{h} \tag{6}$$

(le point sur une lettre indiquant la dérivation par rapport au temps).

La première formule (6) peut être considérée comme satisfaisante car, à l'approximation newtonienne, $p\dot{q}$ est le double de l'énergie cinétique relative à la variable q, de sorte que la valeur moyenne dans le temps de cette énergie cinétique est égale à $(1/2)kT$ et ce résultat est visiblement analogue au théorème d'équipartition de l'énergie. Quant à la définition (6) de S, elle est bien en accord avec (3) et (4).

b. Bien que l'interprétation précédente soit intéressante, on peut en préférer une autre qui est reliée au schéma canonique de la Thermodynamique jadis proposé par Helmholtz. Dans ce schéma, on considère la température comme une vitesse généralisée $\dot{\varepsilon}$ correspondant à une variable sans dimensions ε et l'on montre qu'alors le moment de Lagrange p_ε conjugué de ε est égal à l'entropie S.

Assimilons notre variable sans dimensions q à ε : la formule (1) s'écrit

$$\delta Q = \nu\, \delta \oint p_\varepsilon\, d\varepsilon = \frac{\dot{\varepsilon}}{2\pi}\, \delta \int_0^\tau p_\varepsilon \dot{\varepsilon}\, dt = \dot{\varepsilon}\, \delta p_\varepsilon = T\, \delta S, \tag{7}$$

d'après les hypothèses d'Helmholtz.

Au point de vue de l'homogénéité, il est préférable de poser les relations suivantes, qui ne changent rien d'essentiel aux hypothèses d'Helmholtz,

$$kT = h\nu = \frac{h}{2\pi}\dot{\varepsilon}, \qquad S = \frac{kA}{h} = \frac{2\pi}{h} p_\varepsilon. \tag{8}$$

Dans le deuxième mode d'interprétation, les relations (8) remplacent les relations (6).

Toutes les formules précédentes ont été écrites dans un référentiel R_0 lié au centre de gravité du système périodique envisagé. Pour rappeler ce fait, il est utile de transcrire la formule (1) sous la forme

$$\delta Q_0 = \nu_0\, \delta A_0. \tag{9}$$

Si l'on examine le même système périodique du point de vue d'un référentiel galiléen R en mouvement rectiligne et uniforme de vitesse βc par rapport à R_0, la théorie des transformations relativistes nous apprend que la quantité de chaleur et la fréquence *cyclique* d'un phénomène périodique se transforment suivant les lois identiques

$$\delta Q = \delta Q_0\sqrt{1-\beta^2}; \qquad \nu = \nu_0\sqrt{1-\beta^2}. \tag{10}$$

De (9), on tire donc

$$\delta Q = \nu\, \delta A_0 = \nu A_0 . \delta \log A_0. \tag{11}$$

Suivant que l'on adoptera le point de vue *a* ou le point de vue *b*, on posera

$$kT = \nu A_0; \qquad S = k \log \frac{A_0}{h} \tag{12}$$

ou

$$kT = h\nu; \qquad S = \frac{k}{h} A_0. \tag{13}$$

Dans un cas comme dans l'autre, l'entropie S définie à l'aide de l'intégrale $\oint p\,dq$ calculée dans le système R_0 sera invariante, tandis que la formule de transformation de la température sera $T = T_0\sqrt{1-\beta^2}$. Ces résultats sont bien en accord avec les conclusions de la thermodynamique relativiste.

EFFET RAMAN. — *Nouveau montage pour l'analyse de la lumière diffusée par les poudres cristallines.* Note [1] de MM. **Jean Cabannes**, **Robert Lennuier** et Mlle **Monique Harrand**.

I. La difficulté d'obtenir la plupart des corps solides en cristaux assez étendus pour pouvoir être examinés isolément a conduit les physiciens à réaliser des méthodes de spectroscopie applicables aux poudres cristallines. Les renseignements qu'on en tire sont loin d'être aussi complets que ceux que fournirait un monocristal et cela pour deux raisons. D'une part les grains de la poudre se trouvent orientés au hasard, comme les molécules d'un liquide, tandis qu'on peut faire varier à sa guise l'orientation d'un monocristal par rapport à la vibration lumineuse qui l'éclaire; d'autre part il est difficile d'éliminer complètement l'intense lumière que diffusent, sans changement de longueur d'onde, les grains d'une substance pulvérulente, et les raies Raman les plus voisines de la radiation excitatrice, noyées dans cette lumière parasite, n'apparaissent pas sur les clichés. Mais, s'il faut se résigner au premier de ces inconvénients, on doit s'efforcer en revanche de réduire le second.

La lumière diffusée par une poudre en couche mince peut être observée soit par réflexion, soit par transmission; dans l'un ou l'autre cas on arrive à photographier un spectre Raman à condition de respecter le plus strictement possible deux règles essentielles : 1° *éclairer la substance en lumière monochromatique;* 2° *éliminer la radiation incidente de la lumière diffusée.*

II. Certains auteurs ont cherché à réduire la réflexion à la surface des grains en les immergeant dans un liquide d'indice aussi voisin que possible de celui du cristal [2], mais la plupart ont adopté la méthode aujourd'hui

---

(1) Séance du 5 août 1946.

(2) W. Gerlach, *Ann. d. Phys.*, 5, 1930, p. 196.

classique des deux filtres et l'ont peu à peu perfectionnée [3]. Un filtre arrête sur le faisceau incident les radiations qui forment la partie la moins réfrangible du spectre, celle où vont apparaître les raies Raman; on cherche ensuite, avec un second filtre sur le faisceau diffusé, à réduire l'intensité des radiations plus réfrangibles sans trop affaiblir le spectre Raman.

Kohlrausch et ses collaborateurs [4] ont obtenu de meilleurs résultats en substituant aux filtres colorés deux systèmes dispersifs : le premier est un monochromateur double pour isoler la radiation qui doit éclairer la surface de la poudre cristalline; le second disperse la lumière réémise par réflexion diffuse, de sorte que la radiation excitatrice ne tombe pas sur la fente du spectrographe où se formera le spectre Raman. Ce montage fournit en une trentaine d'heures les raies Raman dont la diminution de fréquence est supérieure à 300 cm^{-1}.

III. Nous avons mis au point un montage aussi efficace mais beaucoup plus simple : *on y observe le rayonnement diffusé par transmission suivant l'axe du faisceau incident sans interposition d'aucun filtre.*

Ce procédé d'observation avait été déjà pratiqué par A. C. Menzies et H. R. Mills [5]. Dans notre montage un spectrographe muni d'un seul prisme, de grande ouverture (F/0,7), sert de monochromateur; il est éclairé par un arc au mercure et, dans le plan du spectre, une fente large de $0^{mm},3$ isole la raie $\lambda 4358$. La poudre cristalline, placée en couche mince contre cette fente, se trouve ainsi très vivement éclairée. Une lentille de 105^{mm} de longueur focale projette son image en vraie grandeur sur la fente d'un spectographe à 3 prismes dont l'ouverture utile est $D = F/2,3 = 90^{mm}$, et dont la dispersion passe de 20 à 40 Å par millimètre dans l'intervalle $\lambda\lambda 4100$-4700.

L'efficacité de ce dispositif vient de ce que l'ouverture de la lentille collimatrice du second spectrographe (F/10) est beaucoup plus petite que celle des objectifs de sortie des deux appareils. On peut ainsi éclairer vivement la substance pulvérulente et obtenir un spectre Raman assez fort sans introduire trop de lumière gênante dans le second spectographe.

L'effet Raman est plus intense lorsqu'on l'observe par réflexion comme font Kohlrausch [4] et G. Landsberg [6]; mais dans notre montage, *qui permet d'opérer sur quelques centigrammes de matière*, la perte de lumière est compensée par le gain que nous obtenons en éclairant plus fortement la poudre et en diminuant le nombre des surfaces verre-air traversées entre la source et la

---

(3) A. C. Menzies, *Nature*, **124**, 1939, p. 511; R. Bär, *Nature*, **124**, 1929, p. 692, P. Krishnamurti, *Indian Journal*, 5, 1930, p. 1; R. Ananthakrishnan, *Proc. Ind. Acad.*, 5, 1937, p. 76; R. W. Wood, *J. Chem. Phys.*, 5, 1937, p. 287; S. C. Sirkar, *Indian Journal*, 11, 1938, p. 417; F.-J. Taboury, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 1394.

(4) H. Conrad-Billroth, K. W. F. Kohlrausch et A. W. Reitz, *Z. Elektrochem.*, **43**, 1937, p. 292; A. W. Reitz, *Zeits. phys. Chem.*, **28**, 1940, p. 181.

(5) *Proc. Roy. Soc.*, **148**, 1935, p. 407.

(6) *Journal de Physique*, 6, 1945, p. 310.

fente du dernier spectrographe (14 dans notre montage au lieu de 30 dans celui de Kohlrausch). Les premiers essais, sur des cristaux de salol dont les dimensions variaient de 150 à 200 μ, ont fourni en une dizaine d'heures toutes les raies Raman de la substance à partir de $\Delta\nu = 250\,\text{cm}^{-1}$. La seule difficulté réside dans le choix de l'épaisseur de la couche suivant la transparence et la grosseur des grains. Nous avons fait varier cette épaisseur de 0,2 à 3^{mm}. Les cristaux les plus fins que nous ayons étudiés (iodate de baryum) avaient des dimensions allant de 5 à 20 μ : cette poudre a donné un beau spectre en 72 heures sous une épaisseur de $0^{\text{mm}},2$.

MÉTALLURGIE. — *Phénomènes d'auto-trempe en soudure.* Note [1] de MM. **Albert Portevin**, **André Leroy** et **Henri Granjon**.

Parmi les phénomènes qui influent sur la fragilité des assemblages en acier soudé et par suite sur la soudabilité locale ou métallurgique, la trempe spontanée ou auto-trempe par soudure est la plus fréquemment invoquée ou incriminée, même pour les aciers qui ne sont pas qualifiés dans la pratique industrielle d'auto-trempants.

Mais la fragilité des aciers reconnaît de multiples origines parmi lesquelles, en dehors de la fragilité globale résultant de la présence de tensions internes ou contraintes résiduelles ou latentes, on peut retenir :

1° la fragilité spécifique ou de constitution telle que celle de la martensite carburée, état trempé;

2° la fragilité structurale telle que celle qui résulte d'un état de surchauffe.

Il faut donc prouver directement la présence d'effets de trempe pour leur attribuer la fragilité des soudures.

On pourrait penser arriver à la connaissance de ce phénomène de trempe en associant la définition de l'état thermique de la soudure avec celle du pouvoir trempant de l'acier que l'on soude; c'est ainsi que si l'on ne considère que les soudures à une seule passe, c'est-à-dire monocycliques :

1° L'état thermique peut être connu par les études théoriques et expérimentales de la répartition thermique qui ont fait l'objet de travaux antérieurs [2].

On a pu concevoir, sous la forme du *solide thermique*, une représentation simple de l'état thermique suivant trois dimensions, température, temps et distance, et par suite de connaître en chaque point (x, y, z) les cycles thermiques parcourus et notamment les trajectoires thermiques, c'est-à-dire la relation $F(\theta_m, V_r) = 0$ reliant les deux variables fondamentales, θ_m température de chauffage et V_r vitesse de refroidissement, de tout traitement de trempe.

---

(1) Séance du 1er juillet 1946.

(2) A. Portevin et D. Seferian, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 34.

2° La trempabilité de l'acier peut être définie par les surfaces intrinsèques [3] ou les courbes en S, ou encore, dans le cas d'une loi simple de refroidissement, comme celui des soudures monocycliques, par les courbes caractéristiques de trempe [4].

En particulier, on peut superposer à ces courbes caractéristiques les trajectoires thermiques pour avoir, en première approximation, une représentation simplifiée de l'état après soudure; mais ces divers procédés de représentation des phénomènes de trempe se placent tous dans le cas d'un chauffage dans les conditions de trempe industrielle.

Or, il y a des différences essentielles :

1° Dans le cas de trempe industrielle : *a*. la température de chauffage θ_c est comprise entre A_3 point de transformation supérieur et θ_s température de début de surchauffe de l'acier considéré; *b*. la durée de chauffage t_c est suffisante pour obtenir l'austénite homogène à θ_c, quelles que soient la structure initiale de l'acier et la vitesse d'échauffement V_e dont les effets se trouvent par suite effacés.

2° En soudure : *a*. la température de chauffage θ_m atteint la température de fusion et dépasse par suite θ_s; *b*. les vitesses d'échauffement V_e sont très grandes, atteignant 500°/min dans la soudure au chalumeau et 2000°/min dans la soudure à l'arc, sur tôle de 10^{mm}.

Il y a donc en soudure et par rapport aux trempes industrielles, un facteur favorisant la trempe, l'élévation de la température de chauffage θ_c, et par contre, un facteur agissant en sens inverse, la très faible durée de chauffage t_c. Or ces facteurs agissent sur la trempabilité de deux façons liées partiellement entre elles : 1° vitesses de dissolution des carbures et d'homogénéisation de concentration de l'austénite; 2° vitesses de grossissement du grain.

Il est impossible actuellement de se rendre compte de la résultante de ces diverses actions sur les phénomènes de trempe, de sorte que courbes en S et courbes caractéristiques de trempe sont quantitativement inapplicables.

L'expérimentation directe apparaît donc indispensable, mais elle se présente avec une double difficulté :

1° En raison de l'hétérogénéité à petite échelle, inférieure au millimètre, de la zone soudée, particulièrement dans le cas de soudage à l'arc électrique, on n'a à sa disposition pour l'état final que la micrographie et la microdureté.

2° Il faut éliminer les facteurs opératoires : habileté professionnelle du soudeur, technique de la soudure, métal d'apport, causes de dispersion et d'incertitude des résultats.

Cette dernière condition a pu être complètement réalisée, dans le cas de

(3) A. PORTEVIN, *Phénomènes de trempe* (Conférences au Centre d'Études Supérieures de Métallurgie), Paris, 1943, pp. 9-45.

(4) A. PORTEVIN et P. CHEVENARD, *Rev. Mét.*, **18**, 1921, p. 717.

soudage au chalumeau par fusion localisée en un point, de manière à obtenir le même état thermique du métal environnant que celui obtenu en soudure en éloignant automatiquement le chalumeau après la fusion initiale par déplacement normal à la plaque (au lieu de le faire parallèlement à celle-ci), avec une vitesse réglée. Ceci a été contrôlé en enregistrant les courbes des cycles thermiques décrits, conjointement avec une vue d'ensemble de la répartition spatiale des températures maxima atteintes au moyen de virages de couleurs témoins ([5]).

Ce procédé constitue, en outre, pour apprécier *la soudabilité locale ou métallurgique au chalumeau d'un acier, un essai standard à l'abri de toutes les critiques que l'on adressait à l'essai pratique par soudage.*

En ce qui concerne les soudures à l'arc, on ne peut opérer par fusion localisée en raison du dépôt du métal provenant de la fusion de l'électrode et l'on a recours au soudage automatique pour éliminer l'influence de l'opérateur.

Des premiers résultats obtenus on peut déjà déduire les indications générales suivantes concernant les soudures en une seule passe, c'est-à-dire les chauffages monocycliques.

A. Au point de vue de la transformation au refroidissement on peut distinguer trois zones suivant qu'il y a au chauffage : *a. transformation partielle en austénite; b. transformation totale en austénite; c. surchauffe du grain de l'austénite.*

B. Au point de vue des *procédés de fusion* :

1° La soudure au chalumeau donne, pour une même épaisseur, une zone transformée nettement plus étendue (de l'ordre de 5 fois) que la soudure à l'arc, ce qui permet de distinguer facilement les deux par macrographie.

2° La soudure au chalumeau est caractérisée, par rapport à la soudure à l'arc, par une tendance à la surchauffe plus marquée, un passage plus progressif de la zone transformée au métal de base et enfin l'effet de la rapidité du refroidissement est moins accentué (de l'ordre de 500°/min au lieu de 1500°/min, pour une tôle de 10^{mm}), d'où durcissement moindre.

C. Du point de vue *des aciers et de leur pouvoir trempant*, on peut dire que :

1° Pour les aciers au carbone hypoeutectoïde et eutectoïde *à faible teneur en manganèse*, les effets de trempe sont moindres que ceux auxquels on pourrait s'attendre d'après les températures maximum et vitesse de refroidissement atteintes pour les épaisseurs expérimentées.

On n'a pu retrouver les effets de trempe signalés dans la littérature technique comme limitant la soudabilité des aciers à 0,25 % C, au maximum. Il semble donc que la fragilité de ces aciers au carbone soit alors imputable surtout à l'effet de surchauffe ([6]).

([5]) Voir la Note de H. Granjon, présentée à la même séance, qui paraîtra ultérieurement.

([6]) Il en va tout autrement dans le cas d'un cordon de métal déposé au chalumeau et surtout à l'arc, d'une saignée peu profonde d'oxy-coupage sur pièce épaisse : il y a alors trempe martensitique.

2° Par contre, la présence d'éléments trempants tels que le manganèse fait apparaître des effets de trempe.

L'étude de l'influence de ces éléments (manganèse, nickel, chrome, molybdène etc.), ainsi que des soudures en plusieurs passes, chauffages polycycliques, est en cours.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale. *Les débuts de la grande industrie chimique et la Société d'encouragement pour l'industrie nationale. Nicolas Leblanc-Chaptal. — La puissance économique britannique d'aujourd'hui,* par Sir Robert Cahill. — *Les États-Unis et la France,* par M. Eugène Houdry.

Il signale également une Note polycopiée :

Congrès national de l'aviation française en 1946. Sous-Section n° 41 *bis.* Application de l'aviation à la Recherche scientifique. Rapport n° 230. *Emploi de l'aviation dans l'exploration géologique et minière. Cas particulier des pays de Colonies,* par Pierre Legoux.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Propagation du son dans les tubes capillaires.* Note (¹) de M. **Guy Nief**, présentée par M. Henri Villat.

Introduction. — Les théories de l'absorption du son par les matériaux poreux, proposées par Lord Rayleigh et plus récemment par Zwikker et Monna, reviennent à assimiler ce matériau à un ensemble de canaux. Il n'existait, à ma connaissance, aucune étude expérimentale de la propagation du son dans les tubes capillaires.

En ne considérant que l'amortissement par viscosité, l'équation de propagation est

$$W^2 \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = (1 - j\sigma)\frac{\partial^2 p}{\partial t^2}, \tag{1}$$

W étant la célérité du son à l'air libre isotherme ou adiabatique, suivant l'équation d'état adoptée; $\sigma = (32\nu/\omega d^2)$, ν coefficient de viscosité dynamique, d diamètre du pore.

L'hypothèse faite pour le calcul de σ suppose que tous les points d'une même section droite vibrent en phase.

(¹) Séance du 20 mai 1946.

En ne considérant que l'amortissement par échanges de chaleur, on a

$$(2)\qquad \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = -\,\omega^2\,\delta p\,\frac{\rho_0}{p_0}\,\frac{c-ja}{C-ja},$$

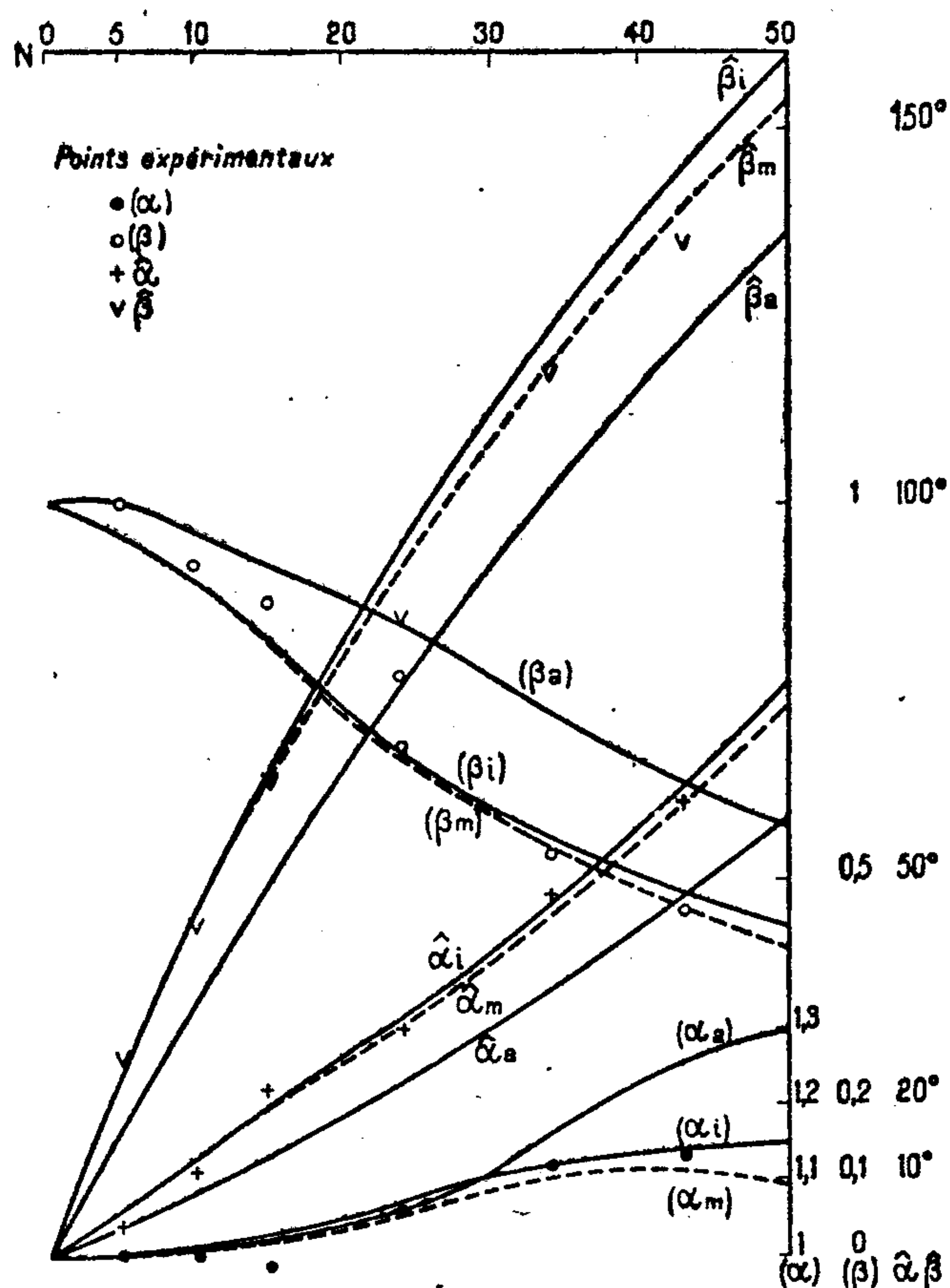
avec $a = \sigma(k/\nu\rho)$, k étant le coefficient de conductivité thermique du fluide. (Pour l'air $k = 5,7.10^{-5}$).

L'équation (1) donne une célérité W_1, un amortissement μ_1, l'équation (2) respectivement W_2, μ_2. La superposition des deux causes d'amortissement donne

$$W_m = W_1\frac{W_2}{W_t},\qquad \mu_m = \mu_1\frac{W_t}{W_2} + \mu_2.$$

C'est cette loi de propagation que j'ai voulu vérifier.

J'ai employé une loi de similitude. D'après les formules données, il faut multiplier les diamètres par k, les longueurs par k^{+2}, les fréquences par k^{-2}. J'ai opéré avec des tubes de 1^{mm} de diamètre, des fréquences de l'ordre de 10.



Appareils. — Le microphone est un fil de platine de 25^{μ}, tendu suivant un diamètre d'une section droite du tube. Il est chauffé par un courant continu, environ 250 mA, et l'on déduit la vitesse du courant d'air de sa résistance.

Le galvanomètre est à corde. Il est constitué par un fil d'argent de 20^{μ} et 4^{cm} de long tendu dans un champ magnétique de 12 300 gauss obtenu par un aimant permanent. L'ombre du fil est projetée avec un grandissement de 50 environ sur un tambour enregistreur.

La source de vibration est constituée par un piston se déplaçant dans un corps de pompe aboutissant sans espace mort dans le tube. Un pointeau permet de superposer un courant d'air continu pour éviter le doublement de fréquence par le fil. La came d'entraînement de la pompe est calée sur l'axe du tambour enregistreur. Ceci détermine l'amplitude et la phase de l'onde sonore.

Mode opératoire. — J'utilise trois tubes, de longueur l_0, l_0+l, l_0+2l. Le fil est placé à l'extrémité ouverte du tube.

Soient U la vitesse au niveau de la pompe, u au niveau du fil. En réalité, on mesure $\alpha=(u_2/u_1)$ et $\beta=(u_3/u_1)$. α et β sont complexes.

Les valeurs de $|\alpha|$ et $|\beta|$ sont mesurées à 5 % environ, et les arguments à 2° près. Les vérifications sont faites de la façon suivante :

Les valeurs de μ, W, $\hat{\alpha}$, $\hat{\beta}$, $|\alpha|$, $|\beta|$, sont calculées théoriquement dans les trois cas suivants, en supposant le coefficient de réflexion égal à 1, à l'extrémité ouverte du tube : propagation isotherme (indice i), propagation adiabatique (indice a), propagation mixte (indice m).

On porte les points expérimentaux sur le diagramme ci-dessus.

Les valeurs expérimentales sont des moyennes de plusieurs mesures. Les écarts ne dépassent pas 8 % pour les modules, 3 % pour les arguments.

Conclusion. — Les points expérimentaux se situent à la précision près des expériences sur les courbes α_m, β_m. La précision est suffisante pour montrer que, dans les cas envisagés, la propagation n'est certainement pas isotherme. Les écarts qui pourraient subsister sont insuffisants pour expliquer les divergences entre les mesures faites sur les matériaux réels et les prévisions théoriques.

On ne peut donc pas assimiler un matériau insonore à un faisceau de tubes capillaires. Il faudra tenir compte des frottements solides des fibres du squelette.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'équation de la force vive dans le mouvement rectiligne des gaz.* Note [1] de M. JEAN VILLE, présentée par M. Henri Villat.

1. *Expression du terme complémentaire.* — Nous commencerons par rappeler que dans le cas du mouvement rectiligne d'un gaz, l'équation des forces vives comporte un terme complémentaire correspondant au travail fourni par les forces intérieures.

---

(1) Séance du 17 juin 1946.

Soient les équations du mouvement

$$(1)\qquad \frac{\partial \rho}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(\rho u)=0,$$

$$(2)\qquad \frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}.$$

Considérons une tranche de gaz, comprise entre les abscisses $x(t')$ et $\xi(t')$, dans l'intervalle de temps $t<t'<\tau$. La différence entre le travail fourni aux extrémités de la tranche et l'accroissement d'énergie cinétique est

$$(3)\qquad \mathrm{E}=\int_t^\tau [-pu]_x^\xi\,dt'-\frac{1}{2}\left[\int_x^\xi \rho u^2\,dx'\right]_t^\tau.$$

Mettons E sous forme d'intégrale double

$$(4)\qquad \mathrm{E}=\int_t^\tau dt'\int_x^\xi\left[-\frac{\partial}{\partial x'}(up)\right]dx'-\frac{1}{2}\int_t^\tau dt'\frac{d}{dt'}\int_x^\xi \rho u^2\,dx',$$

avec

$$(4')\qquad \frac{d}{dt'}\int_x^\xi \rho u^2\,dx'=\rho u^3|_x^\xi+\int_x^\xi\frac{\partial}{\partial t'}(\rho u^2)\,dx'=\int_x^\xi\left[\frac{\partial}{\partial t'}(\rho u^2)+\frac{\partial}{\partial x'}(\rho u^3)\right]dx'.$$

E prend ainsi la forme

$$(5)\qquad \mathrm{E}=\int_t^\tau dt'\int_x^\xi dx'\left[-\frac{\partial}{\partial x'}(pu)-\frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial t'}(\rho u^2)-\frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial x'}(\rho u^3)\right].$$

Transformons le crochet à l'aide des équations du mouvement

$$\frac{\partial}{\partial t'}(\rho u^2)+\frac{\partial}{\partial x'}(\rho u^3)=u^2\left[\frac{\partial \rho}{\partial t'}+\frac{\partial}{\partial x'}(\rho u)\right]+\rho\left[\frac{\partial u^2}{\partial t'}+u\frac{\partial u^2}{\partial x'}\right]=-2u\frac{\partial p}{\partial x'},$$

d'où, pour E,

$$(6)\qquad \mathrm{E}=\int_t^\tau dt'\int_x^\xi\left(-p\frac{\partial u}{\partial x'}\right)dx'.$$

L'équation des forces vives prend donc ici la forme

$$(7)\qquad \mathfrak{G}_\mathrm{A}^\mathrm{B}=\mathrm{K}_\mathrm{A}^\mathrm{B}+\mathrm{E}_\mathrm{A}^\mathrm{B},$$

où $\mathfrak{G}$ représente le travail des forces extérieures, $\mathrm{K}_\mathrm{A}^\mathrm{B}$ l'accroissement de l'énergie cinétique, $\mathrm{E}_\mathrm{A}^\mathrm{B}$ le travail des forces intérieures.

2. *Application aux discontinuités.* — Considérons par exemple une discontinuité dans le mouvement; supposons la discontinuité fixe, soient $\Delta\rho$, Δu, Δp les accroissements subis au passage de la discontinuité. Ici le terme complémentaire est indéterminé, puisque p et u subissent leur discontinuité en même temps. *Admettons* que p subit une discontinuité de première espèce. L'expression de E (relative à l'unité de temps) devient alors

$$-\left(p+\frac{\Delta p}{2}\right)\Delta u.$$

Pour définir les grandeurs de part et d'autre de la discontinuité, nous avons trois équations :

1° continuité

$$\Delta(\rho u) = 0;$$

2° quantité de mouvement

$$\Delta(p + \rho u^2) = 0;$$

3° force vive (*avec* terme complémentaire)

$$\Delta\left(up + \frac{1}{2}\rho u^3\right) - \left(p + \frac{\Delta p}{2}\right)\Delta u = 0.$$

Un calcul simple montre que ces équations ne sont pas indépendantes. Riemann avait trouvé les deux premières. Lord Rayleigh (*Theory of Sound*, 2, p. 42) avait ajouté la 3° (*avec une autre forme du terme complémentaire*) et avait conclu à l'impossibilité du problème. Nous voyons que l'*argument de Lord Rayleigh est erroné*.

3. *Vérification dans le cas de la détente adiabatique.* — A titre de vérification, vérifions que le terme complémentaire donne bien les équations classiques dans le cas d'une détente adiabatique de gaz parfait. Dans ce cas, l'énergie interne d'une masse unité est cT; le terme complémentaire correspond à l'accroissement d'énergie interne. Nous sommes ainsi conduits à l'équation

$$\int_t^\tau dt' \int_x^\xi \left(-p\frac{\partial u}{\partial x'}\right) dx' = \int_t^\tau dt' \frac{d}{dt'} \int_x^\xi c\rho \mathrm{T}\, dx'.$$

Par une formule analogue à la formule (41), nous obtenons

$$\int_t^\tau dt' \int_x^\xi \left(-p\frac{\partial u}{\partial x'}\right) dx' = c\int_t^\tau dt' \int_x^\xi \left[\frac{\partial}{\partial t'}(\rho \mathrm{T}) + \frac{\partial}{\partial x'}(u\rho \mathrm{T})\right] dx',$$

d'où les équations supplémentaires

$$p = \mathrm{R}\mathrm{T}\rho, \qquad -p\frac{\partial u}{\partial x} = c\left[\frac{\partial}{\partial t}(\rho \mathrm{T}) + \frac{\partial}{\partial x}(u\rho \mathrm{T})\right].$$

L'élimination de T conduit à

$$\frac{\partial p}{\partial t} + u\frac{\partial p}{\partial x} = -\gamma p\frac{\partial u}{\partial x} \qquad \left(\gamma = \frac{\mathrm{R} + c}{c}\right). \tag{8}$$

Tenons compte de l'équation de continuité, d'où nous tirons

$$\frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial \rho}{\partial t} + u\frac{\partial \rho}{\partial x}\right).$$

Portons cette expression dans (8),

$$\frac{1}{p}\left(\frac{\partial p}{\partial t} + u\frac{\partial p}{\partial x}\right) = \frac{\gamma}{\rho}\left(\frac{\partial \rho}{\partial t} + u\frac{\partial \rho}{\partial x}\right),$$

ou encore

$$p\rho^{-\gamma} = \text{const.},$$

équation où l'on reconnaît bien l'équation classique $pv^\gamma = $ const. de la détente adiabatique.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur une propriété commune aux opérateurs différentiels et intégraux.* Note (1) de M. **Jacques Yvon.**

Dans les problèmes où le spin n'intervient pas, la Mécanique ondulatoire utilise essentiellement deux opérateurs, l'opérateur coordonnée et l'opérateur impulsion. Pour simplifier le langage, je limite les considérations qui suivent au cas d'un problème linéaire. L'abscisse est x, l'opérateur abscisse X, l'opérateur impulsion $P = -i\hbar(\partial/\partial x)$.

Plus généralement les problèmes de Mécanique ondulatoire utilisent des opérateurs polynomes constitués par des combinaisons quelconques des opérateurs X et P.

Il est particulièrement important de savoir identifier, parmi ces opérateurs, ceux qui sont self-adjoints (2).

Soit G un certain opérateur differentiel; p étant un paramètre arbitraire, je calcule la fonction de x et de p

$$g(x, p) = \exp\left(-i\frac{px}{\hbar}\right) G \exp\left(i\frac{px}{\hbar}\right). \tag{1}$$

La condition nécessaire et suffisante pour que G soit self-adjoint est que g vérifie la relation

$$g^* = \exp(i\hbar\theta).g, \tag{2}$$

où g^* est l'imaginaire conjugué de g et θ l'opérateur $\partial^2/\partial x\,\partial p$. Le même énoncé peut s'exprimer autrement. Considérons la fonction $F(x, p, k)$ qui est égale à g pour $k = 0$ et qui vérifie l'équation aux dérivées partielles

$$\frac{\partial F}{\partial k} = i\frac{\partial^2 F}{\partial x\,\partial p}. \tag{3}$$

La condition (2) est équivalente à la suivante

$$g^* = F(x, p, \hbar). \tag{4}$$

La Mécanique ondulatoire utilise couramment aussi, mais en leur faisant une moindre publicité, des opérateurs intégraux self-adjoints. En voici d'abord un exemple trivial. Soit $\Psi(x)$ la fonction d'onde chargée de décrire la situation à un instant donné. Considérons simultanément deux valeurs de l'abscisse, x et y, et formons la quantité

$$\mathcal{R}(x, y) = \Psi(x)\Psi^*(y).$$

(1) Séance du 1er juillet 1946.

(2) Cf. *Cahiers de Physique théorique* (sous presse).

D'une part, cette quantité permet de calculer la moyenne de la grandeur G

$$\overline{G} = \int \lim_{y=x} [G \mathfrak{N}(x, y)]\, dx, \tag{5}$$

et, d'autre part, elle permet de définir l'opérateur intégral N tel que

$$Nf = \int \mathfrak{N}(x, y) f(y)\, dy.$$

Cet opérateur est self-adjoint. L'exemple précédent correspond à ce que von Neumann ([3]) appelle un cas pur. Mais lorsqu'il s'agit, toujours selon von Neumann, d'un mélange, la situation peut être représentée par un noyau $\mathfrak{N}(x, y)$ qui comporte toute la généralité désirable. Toutefois il reste self-adjoint.

Mettons en évidence que cette dernière condition est équivalente à (3). A cet effet j'applique l'opérateur N à l'exponentielle de Fourier. Plus exactement je calcule

$$n(x, p) = \int \exp\left(-i\frac{px}{\hbar}\right) \mathfrak{N}(x, y) \exp\left(i\frac{py}{\hbar}\right) dy. \tag{6}$$

Je forme ensuite une relation analogue à (2) en exprimant à l'aide des propriétés de l'intégrale de Fourier n^* en fonction de n; il vient la relation exprimant que N est self-adjoint

$$n^*(x, y) = \frac{1}{2\pi\hbar} \iint \exp\left[i\frac{(p-q)(x-y)}{\hbar}\right] n(y, q)\, dy\, dq. \tag{7}$$

Remplaçant ensuite $\hbar$ par k dans l'intégrale, je définis une fonction $F(x, p, k)$ égale à n pour $k = 0$, égale à n^* pour $k = \hbar$ et vérifiant l'équation (3). C'est ainsi que les opérateurs self-adjoints différentiels et intégraux satisfont à la même condition.

L'intégrale de Fourier permet d'ailleurs de donner à la formule (5) un aspect plus maniable qui est

$$\overline{G} = \frac{1}{2\pi\hbar} \iiint \exp\left[i\frac{p(y-x)}{\hbar}\right] G \mathfrak{N}(x, y)\, dx\, dy\, dp. \tag{8}$$

Mais, grâce à l'hermicité de G, je peux, dans ce calcul, au lieu d'appliquer G à $\mathfrak{N}$, appliquer son imaginaire conjugué à l'exponentielle en x. Il vient

$$\overline{G} = \iint g^*(x, p)\, n(x, p)\, dx\, dp. \tag{9}$$

Les idées que résume cette Note seront appliquées ultérieurement à certains problèmes de la théorie des mélanges.

([3]) *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Berlin, 1932.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La statistique quantique.* Note (1) de M. **Félix Joachim Wisniewski.**

On montrera dans cette Note que les répartitions de Maxwell, Planck et Fermi sont des solutions d'une équation différentielle dans l'espace statistique de Gibbs-Boltzmann.

On obtient cette équation en partant de l'équation de Fokker.

Cette dernière s'obtient de l'équation de continuité

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div} J = 0,$$

où, pour le courant J, on introduit l'expression

$$J = A.\rho + \nabla(B.\rho),$$

où ρ désigne la densité statistique, A la vitesse de propagation du courant hydrodynamique, $\nabla(B.\rho)$ la vitesse du courant de diffusion.

Cette équation a lieu dans l'espace géométrique réel.

Nous allons généraliser l'équation de Fokker pour l'espace statistique à six dimensions de Gibbs-Boltzmann.

L'équation de continuité s'écrit alors

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \sum \frac{\partial J_{q_s}}{\partial q_s} + \sum \frac{\partial J_{p_s}}{\partial p_s} = 0.$$

Pour les six composantes du courant on a les expressions

$$J_{q_s} = A_{q_s}.\rho + \frac{\partial}{\partial \varepsilon}(B.\rho), \qquad J_{p_s} = A_{p_s}.\rho + \frac{\partial}{\partial \varepsilon}(B.\rho) \qquad (s = 1, 2, 3).$$

On admettra de plus que la vitesse hydrodynamique de propagation est proportionnelle au gradient de l'énergie ε de la particule, c'est-à-dire que

$$A_{q_s} = \beta \frac{\partial \varepsilon}{\partial q_s}, \qquad A_{p_s} = \beta \frac{\partial \varepsilon}{\partial p_s} \qquad (s = 1, 2, 3).$$

L'équation différentielle cherchée s'écrira alors

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \sum \frac{\partial}{\partial q_s}\left(\beta.\rho \frac{\partial \varepsilon}{\partial q_s} + \frac{\partial}{\partial q_s}(B.\rho)\right) + \left\{\sum \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial p_s^2} + \left[\sum \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial p_s}\right)^2\right].\frac{\partial}{\partial \varepsilon}\right\}.\left[\beta.\rho + \frac{\partial}{\partial \varepsilon}(B.\rho)\right] = 0,$$

si ρ dépend des p_s par l'intermédiaire de ε.

En admettant que ρ et ε sont indépendants de q_s, on obtient

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \left\{\sum \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial p_s^2} + \left[\sum \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial p_s}\right)^2\right] \frac{\partial}{\partial \varepsilon}\right\}.\left[\beta.\rho + \frac{\partial}{\partial \varepsilon}(B.\rho)\right] = 0.$$

(1) Séance du 1er juillet 1946.

L'équilibre statistique aura lieu si

$$\beta.\rho+\frac{\partial}{\partial\varepsilon}(\text{B}.\rho)=0,$$

d'où

$$\rho=\rho_0.e^{-\frac{\beta}{\text{B}}.\varepsilon}$$

si β/B est une constante égale à $1/k\text{T}$.

On obtient une équation différentielle qui admet comme intégrale la répartition de Planck si l'on admet que la vitesse A dépend de la densité ρ conformément aux expressions

$$(1)\qquad \text{A}_{q_s}=[1+i.h^3.\rho]\frac{\partial\varepsilon}{\partial q_s},\qquad \text{A}_{p_s}=[1+i.h^3.\rho]\frac{\partial\varepsilon}{\partial p_s}.$$

On peut regarder les expressions (1) de A comme une approximation de plus que l'on néglige ordinairement dans les théories statistiques classiques.

L'équation différentielle s'écrit alors

$$\frac{\partial\rho}{\partial t}+\sum\frac{\partial}{\partial q_s}\left\{\beta.\rho_s(1+i.h^3.\rho)\frac{\partial\varepsilon}{\partial q_s}(\text{B}.\rho)\right\}$$
$$+\left\{\sum\frac{\partial^2\varepsilon}{\partial p_s^2}+\left[\sum\left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial p_s}\right)^2\right]\frac{\partial}{\partial\varepsilon}\right\}\left[\beta.\rho(1+i.h^3.\rho)+\frac{\partial}{\partial\varepsilon}(\text{B}.\rho)\right]=0,$$

si l'on admet que ρ dépend des p_s par l'intermédiaire de ε.

Si ε et ρ sont indépendants des q_s, l'équation s'écrit

$$\frac{\partial\rho}{\partial t}+\left\{\sum\frac{\partial^2\varepsilon}{\partial p_s^2}+\left[\sum\left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial p_s}\right)^2\right]\frac{\partial}{\partial\varepsilon}\right\}\left[\beta.\rho(1+i.h^3.\rho)+\frac{\partial}{\partial\varepsilon}(\text{B}.\rho)\right]=0.$$

L'équilibre statistique aura lieu si

$$\beta.[1+i.h^3.\rho]\rho+\frac{\partial}{\partial\varepsilon}(\text{B}.\rho)=0.$$

En admettant que B, β sont indépendants de ε on aura l'intégrale

$$\rho=\frac{1}{h^3}.\frac{1}{e^{\alpha+\frac{\varepsilon}{k\text{T}}}-i}\quad\left(\frac{\beta}{\text{B}}=k\text{T}\right).$$

La distribution de Planck en résulte pour $i=1$ et la distribution de Fermi pour $i=-1$.

Cette méthode de représenter la théorie des quantas permet d'étudier l'évolution d'un système avec le temps si la distribution primitive est différente de la distribution correspondant à l'équilibre.

On voit donc qu'il est possible de remplacer l'espace statistique discontinu par un espace statistique continu et que la différence entre la théorie des quantas et la théorie ordinaire consiste dans l'ordre d'approximation dont on tient compte.

L'équilibre statistique a lieu si B, T et α sont des constantes.

Si B, T et α sont des fonctions des coordonnées spatiales q_s, on a un courant de diffusion

$$J_q = \beta.\rho(1 + ih^3.\rho)\frac{\partial\varepsilon}{\partial q} + \frac{\partial}{\partial q}(B.\rho)$$

que l'on peut transformer facilement.

On trouve ainsi pour le courant de diffusion, l'expression

$$J_q = \rho\frac{\partial B}{\partial q} + BkT.\frac{\partial\rho}{\partial\varepsilon}.\frac{\partial\alpha}{\partial q} - \frac{\beta.\varepsilon}{T}\frac{\partial\rho}{\partial\varepsilon}.\frac{\partial T}{\partial q}.$$

PHYSIQUE. — *Étude théorique et expérimentale d'un problème de diffusion cylindrique.* Note (¹) de MM. **Maurice Cotte** et **Jean Salvinien.**

La diffusion d'une goutte circulaire de solution A, déposée à l'instant $t = 0$ sur une lame mince de gel coulée sur une plaque photographique, pose un problème de diffusion cylindrique. Le corps A pénètre d'une façon pratiquement instantanée dans l'épaisseur de la lame, puis diffuse dans le gel à partir du cercle de rayon r_0 qui limite la goutte. Soient C la concentration à l'instant t en un point situé à la distance r du centre de la goutte, C_0 la concentration de la goutte supposée pratiquement constante, k le coefficient de diffusion. Prenons les coordonnées réduites

(1) $$\rho = \frac{r}{r_0}; \qquad \tau = \frac{kt}{r_0^2}; \qquad c = \frac{C}{C_0}.$$

Pour obtenir une solution $c(\rho, \tau)$ de l'équation de la diffusion

(2) $$\frac{\partial c}{\partial\tau} = \frac{\partial^2 c}{\partial\rho^2} + \frac{1}{\rho}\frac{\partial c}{\partial\rho}$$

satisfaisant aux conditions suivantes :

(3) $$c(1, \tau) = 1 \quad \text{pour } \tau > 0,$$

(4) $$c(\rho, 0) = 0 \quad \text{pour } \rho > 1,$$

(5) $$c(\infty, \tau) = 0,$$

nous remarquerons que, p étant une constante et $H_0^{(1)}(x)$ la fonction de Hankel de première espèce, la fonction

(6) $$Y(\rho, \tau; p) = \frac{e^{p\tau}}{p}\frac{H_0^{(1)}(i\rho\sqrt{p})}{H_0^{(1)}(i\sqrt{p})}$$

satisfait à (2) et à (5). En intégrant $Y(\rho, \tau; p)$ dans le plan complexe p, de $p = -i\infty$ à $p = +i\infty$ le long de l'axe imaginaire, en laissant l'origine à gauche par un crochet, nous obtenons, après une transformation simple, la

(¹) Séance du 5 août 1946.

solution cherchée

(7) $$c(\rho, \tau) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi}\int_0^\infty \frac{h(\rho y)}{y h(y)} \sin[y^2\tau + \eta(y) - \eta(\rho y)]\, dy,$$

où $h(x)$ et $\eta(x)$ sont respectivement le module et l'argument de la fonction $H_0^{(1)}\left(x e^{i\frac{\pi}{4}}\right)$, dont il existe des tables (²). En déformant le contour d'intégration de façon à décrire un lacet autour de l'axe réel négatif, on obtient l'expression équivalente

(8) $$c(\rho, \tau) = 1 - \frac{2}{\pi}\int_0^\infty \frac{N_0(q\rho)J_0(q) - J_0(q\rho)N_0(q)}{J_0^2(q) + N_0^2(q)} e^{-q^2\tau} \frac{dq}{q},$$

où J_0 est la fonction de Bessel, N_0 la fonction de Neumann. Enfin, en intégrant (6) sur un contour passant assez loin de l'origine, de façon à pouvoir utiliser l'expression asymptotique de $H_0^{(1)}$, on obtient une valeur approchée, beaucoup plus commode, mais valable seulement pour $\tau < 1$,

(9) $$c(\rho, \tau) = \frac{1}{\sqrt{\rho}}\left(1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^{\frac{\rho-1}{2\sqrt{\tau}}} e^{-u^2}\, du\right)$$

à laquelle conduisent aussi très simplement les règles du calcul symbolique. La solution du problème de diffusion plan ne diffère de (9) que par l'absence du facteur $1/\sqrt{\rho}$.

Pour la vérification expérimentale de (9), on utilise de la gélatine débarrassée des sels minéraux, en particulier des chlorures, par électrodialyse. Une lame gélatineuse d'épaisseur uniforme est coulée sur une plaque de verre. Dès que le gel est pris, on forme, au centre de la lame, une goutte bien circulaire d'une solution assez concentrée de nitrate d'argent. Au bout d'un temps t de l'ordre de quelques heures, on aspire soigneusement le liquide de la goutte, et la plaque est plongée rapidement dans une solution presque saturée de sélénite de sodium. Ce dernier pénètre en quelques secondes dans la lame, et fournit, avec le nitrate d'argent qui a diffusé, un précipité de sélénite d'argent. La lame est ensuite lavée pendant deux heures à l'eau distillée, puis on l'abandonne au séchage à l'obscurité. On obtient de remarquables images de diffusion.

Des expériences préalables montrent que l'opacité en chaque point de la plaque révélée est très sensiblement proportionnelle à la concentration en sélénite d'argent, donc à la concentration en nitrate d'argent au moment de la précipitation.

Par microphotométrie de la plaque le long d'un rayon partant du centre de la figure de diffusion, on obtient la courbe expérimentale $C = f(r)$ à l'instant t. Le rayon de la goutte r_0 est facilement mesurable. La courbe théorique, cal-

(¹) JAHNKE EMDE, *Funktionentafeln*, 1939.

culée au moyen de (9) à partir de k et de r_0, et la courbe expérimentale coïncident bien, à condition de prendre pour k une valeur un peu inférieure à celle qui est généralement adoptée pour la diffusion du nitrate d'argent dans l'eau pure. Avec un gel à 5 %, la coïncidence est bonne, si l'on prend $k = 1,10.10^{-5}$ vers 15°.

La méthode est largement assez sensible pour mettre en évidence l'influence du facteur $1/\sqrt{\rho}$. Pour obtenir la diffusion plane dans la lame de gélatine, il suffit de plonger le bord inférieur de la plaque dans une solution de nitrate d'argent. La microphotométrie de cette nouvelle plaque, développée au bout du même temps t, fournit une courbe de concentration, qui, sauf à l'origine, se situe entièrement au-dessus de la courbe précédemment obtenue.

Signalons que cette méthode du développement permet de nouvelles déterminations des coefficients de diffusion dans les gels.

THERMODYNAMIQUE. — *Four solaire pour la réalisation de très hautes températures.* Note [1] de MM. **Félix Trombe, Marc Foëx** et Mlle **Charlotte Henry la Blanchetais**, présentée par M. Paul Lebeau.

Le rayonnement solaire, approximativement comparable à celui du corps noir à 6000°K., fournit, normalement à sa direction, une énergie qui atteindrait, au niveau de la terre et en l'absence de toute absorption, 0,135 watts/cm².

Cette énergie, concentrée optiquement, peut être transformée *en énergie mécanique, avec le faible rendement qui caractérise le fonctionnement des moteurs thermiques, ou directement utilisée, dans de bien meilleures conditions, pour porter les corps à de très hautes températures.*

Ainsi Lavoisier [2], avec une lentille creuse de 4 pieds ($1^m,30$) de diamètre, remplie d'esprit de vin, réalisa la fusion du fer et atteignit même le seuil de fusion du platine (1773°C.).

Actuellement, il est possible d'obtenir une image correcte du soleil avec des miroirs paraboliques de grand diamètre et de très grande ouverture numérique; leur surface, qui peut atteindre plusieurs mètres carrés, permet de recueillir d'importantes quantités d'énergie. L'emploi d'un tel miroir, de $2^m,50$ de diamètre, installé au Mont Wilson, a permis à W. M. Cohn [3] de fondre facilement la zircone (ZrO_2) sous forme d'une masse claire restant transparente après refroidissement.

Nous nous sommes proposé, pour concentrer le rayonnement solaire, d'utiliser les miroirs paraboliques de 2^m de diamètre et de $0^m,85$ de distance focale

---

(1) Séance du 5 août 1946.

(2) Œuvres publiées par les soins du Ministre de l'Instruction Publique et des Cultes, 1864-1893.

(3) *Trans. Electrochem. Soc.*, 68, 1935, pp. 574-580.

montés sur certains projecteurs; les aberrations de ces miroirs sont en général très faibles.

Nous devons à l'obligeance du Ministère des Armées et de la Direction du Centre National de la Recherche Scientifique de pouvoir disposer de deux de ces appareils. Leur installation à l'Observatoire de Meudon a pu être faite très rapidement, avec l'aide des Laboratoires de Bellevue (C.N.R.S.), grâce à l'accueil bienveillant et aux conseils du Directeur et des Astronomes de l'Observatoire de Paris.

L'orientation du projecteur peut être effectuée avec une précision suffisante au moyen de ses commandes normales en hauteur et en direction. La position d'une image du soleil donnée par un viseur d'axe parallèle à celui du miroir permet, à chaque instant, de contrôler les réglages.

L'énergie recueillie, qui peut dépasser 3 KW, est rassemblée sur une image du soleil de surface inférieure à $0^{cm^2},6$; pour cette concentration ($>$ 50000), en admettant une constante solaire de 0,1 watt/cm² et un facteur de transmission de 0,8, *la température calculée serait de* 5200°K.

Un corps noir pratiqué dans une tige de graphite calorifugée latéralement et placé au foyer F du miroir (*fig.* 1) *atteint* 3500°K. La température précédente

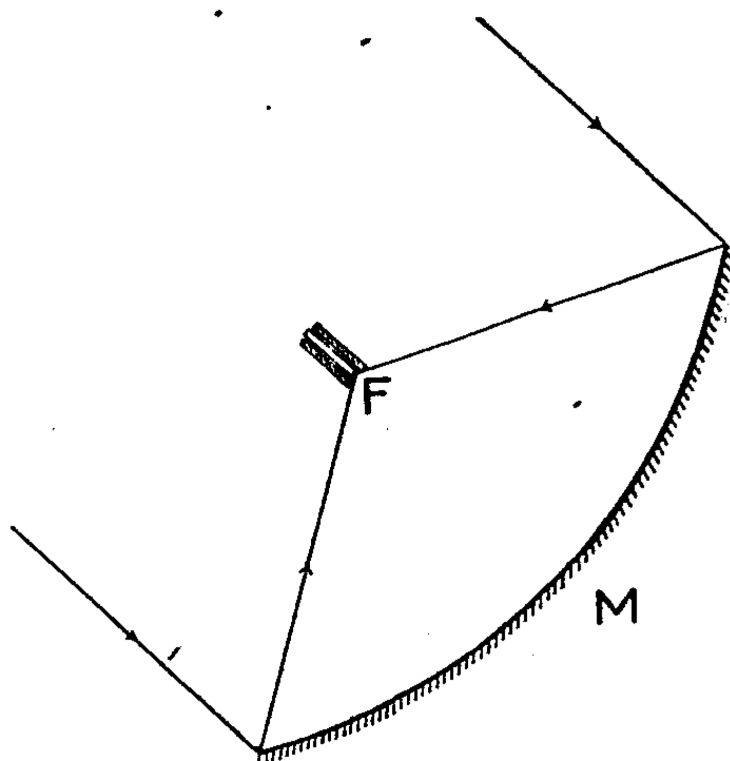


Fig. 1.

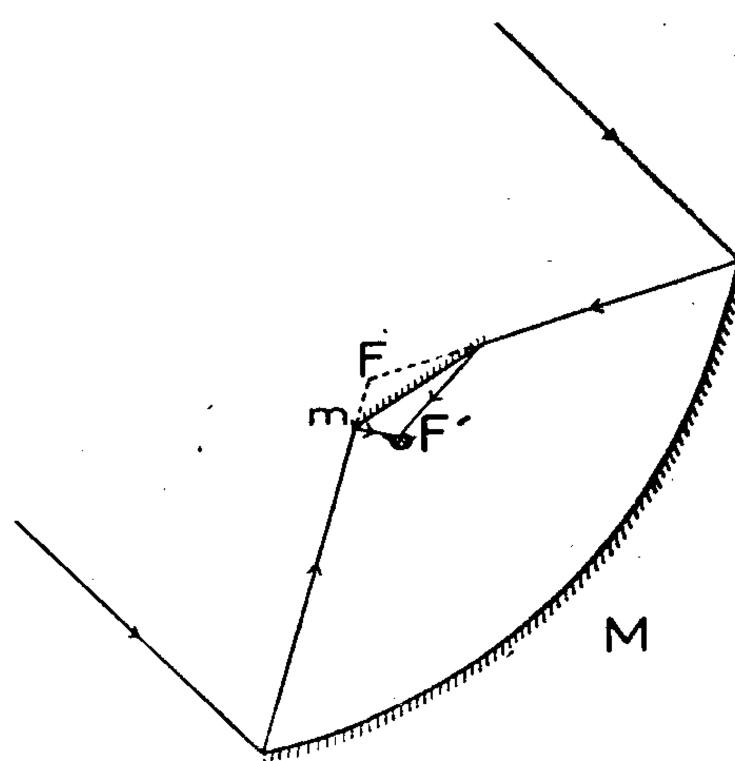


Fig. 2.

ne peut être dépassée, dans les conditions de l'expérience, par suite de la rapide sublimation du carbone. On observe en effet la formation, dans la région focale, d'un cratère important, entouré d'une zone de condensation de houppes de graphite.

Suivant le dispositif de la figure 2, le rayonnement est renvoyé vers le bas par interposition d'un miroir plan; celui-ci, d'inclinaison variable, est constitué par une surface refroidie d'aluminium poli et brillanté par oxydation anodique. Au foyer F', il est alors possible de traiter jusqu'à leur fusion, en atmosphère oxydante, des poudres ou des corps solides compacts. Il est

également facile de faire pénétrer le rayonnement dans un récipient fermé par une glace en verre de silice très peu absorbant et de réaliser ainsi des fusions en atmosphères variées.

La perte d'énergie ΔW résultant de l'utilisation du miroir plan m (*fig.* 2) est inférieure à 15 % ; la diminution de température correspondante ($\Delta T \# 1/4 \Delta W$) est de l'ordre de 4 %. L'excédent de puissance dont on dispose par cm² est tel, qu'il permet encore la fusion *très rapide* (*de* 5 *à* 20ᵍ *par minute*) de corps très réfractaires.

Nous avons fondu, *sans introduction d'impuretés* :

1° dans l'air, les oxydes suivants : ThO_2 (3270° K.), MgO (3070° K.), ZrO_2 (2950° K.), CeO_2 (~2900° K. ?), CaO (2850° K.), GlO (2800° K.), Cr_2O_3 (2710° K.), La_2O_3 (~2600° K.) et les différents sesquioxydes des terres rares, Al_2O_3 (2320° K.), TiO_2 (2120° K.);

2° en atmosphère neutre : le molybdène (2850° K.) et le chrome (~2150° K.).

Signalons aussi qu'une masse de fer de 30ᵍ a été fondue et partiellement volatilisée en moins de 10 secondes.

MAGNÉTISME. — *Sur la thermorémanence et la théorie du métamagnétisme.* Note de M. **Émile Thellier**, présentée par M. Charles Maurain.

Les recherches magnétiques et magnéto-optiques effectuées par différents auteurs, principalement au laboratoire Kamerlingh Onnes, à Leyde, sur des minéraux et des sels anhydres du groupe du fer, à basse température, ont conduit J. Becquerel et J. van den Handel (¹) à envisager un nouvel état magnétique pour lequel ils ont proposé le nom de *métamagnétisme*. Les caractères essentiels de cet état, qui participe à la fois du para et du ferromagnétisme, ont été développés par J. Becquerel qui en a proposé une théorie (²).

De nombreuses recherches ont été effectuées, d'autre part, pour préciser les propriétés magnétiques de corps tels que le sesquioxyde de fer et les ferrites qui sont, eux aussi, à comportement mixte, mais dans un intervalle de température beaucoup plus large. Parmi les plus récentes sont celles de G. Chaudron et de ses élèves, qui ont étudié surtout la variation de l'aimantation à champ constant, en fonction de la température (analyse thermomagnétique) et celles de R. Chevallier et de ses élèves. Je me suis attaché à l'étude quantitative de l'aimantation thermorémanente; mes recherches, qui ont porté d'abord sur des terres cuites renfermant plusieurs composés magnétiques à la fois, ont été répétées récemment sur le sesquioxyde de fer rhomboédrique (³).

L'ensemble des faits ainsi acquis conduit à penser que ces corps, dont

(¹) *Journ. de Physique*, 7ᵉ série, **10**, 1939, pp. 10-13.
(²) Congrès de Strasbourg, 1939. *Le magnétisme*, **1**, pp. 97-139.
(³) J. Roquet et E. Thellier, *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 1288-1290.

$Fe_2O_3\alpha$ est le chef de file, possèdent toutes les propriétés des métamagnétiques de J. Becquerel. Une même théorie devrait pouvoir englober les deux groupes de substances.

Je voudrais surtout insister ici sur la nécessité d'inclure dans les faits à expliquer ceux, si caractéristiques, qui se rapportent à l'aimantation thermorémanente. Trois propriétés me paraissent essentielles. D'une part, contrairement à la rémanence isotherme, l'aimantation thermorémanente est, toutes choses égales, proportionnelle au champ, dès les champs les plus faibles, avec tendance rapide à la saturation dans les champs forts. D'autre part, les aimantations thermorémanente et rémanente isotherme ont des propriétés nettement différentes (stabilité spontanée, coercitivité, disparition par élévation de température) (¹). Enfin, les moments thermorémanents, acquis par un corps dans différents intervalles de température, présentent une sorte d'indépendance, propriété quantitative, actuellement vérifiée sur les terres cuites et $Fe_2O_3\alpha$, qu'on peut résumer dans la proposition suivante :

A un intervalle de température quelconque t_1t_2 est lié, pour un échantillon donné et un champ magnétique H constant, un moment magnétique donné, qui est acquis par le corps, quand, se refroidissant dans le champ H, il franchit l'intervalle t_2t_1. Ce moment, dirigé comme l'était H, par rapport au corps, est insensible à tout réchauffement à température inférieure à t_1 et il disparaît complètement par réchauffement à t_2. D'autre part, il est indépendant des autres moments thermorémanents acquis dans les intervalles de température extérieurs à t_1t_2, moments qui peuvent d'ailleurs être dus à des champs différant de H en grandeur et en direction. Tous ces moments ajoutent leurs effets géométriquement, mais, aussi paradoxal que cela puisse paraître, chacun d'eux garde une autonomie réelle et, en quelque sorte, le souvenir exact des températures et du champ qui l'ont défini.

De tels faits, sur lesquels l'attention des théoriciens ne semble pas s'être portée encore, me paraissent nécessiter un mécanisme d'immobilisation des moments élémentaires au-dessous d'une température θ, sujette d'ailleurs à une forte variation à l'intérieur du corps. On peut envisager le corps constitué, comme un ferromagnétique, par des domaines élémentaires, peut-être très petits, à aimantation spontanée. Au-dessus de θ, leurs moments seraient libres (rotation, déplacement de paroi ou renversement) et l'état magnétique du corps s'établirait par action conjuguée du champ et de l'agitation thermique (sorte de paramagnétisme); au-dessous de θ, les moments élémentaires seraient liés à une position d'équilibre à partir de laquelle ils ne subiraient, dans les champs faibles, que des déplacements réversibles, des champs forts pouvant, à partir d'une valeur donnée, provoquer des modifications irréversibles. La température θ, qui n'est pas sans analogie avec la température de renversement θ_h de

(¹) E. Thellier, *Ann. Inst. Phys. Gl.*, Paris, 16, 1938, pp. 157-302.

R. Forrer ([5]), pourrait varier en chaque point du corps, peut-être avec les dimensions et la forme des grains cristallins, et être ainsi étalée finalement entre le point de Curie ferromagnétique et la température ordinaire. On explique ainsi : le paramagnétisme quasi-parfait dans les champs faibles, à la température ordinaire, par action réversible du champ sur les moments fixés; la rémanence isotherme dans les champs forts, par action irréversible; la thermorémanence, par fixation progressive, au cours du refroidissement, des moments qui se trouvent figés individuellement quand ils passent par leur température θ; enfin, l'allure des courbes thermomagnétiques et, en particulier, la forte augmentation de susceptibilité, avant le point de Curie, que A. Michel ([6]) désigne par *anomalie a*.

On peut tenter d'autres explications dans lesquelles θ serait un point de Curie ferromagnétique variable d'un point à un autre du corps, ou dans lesquelles on n'admettrait pas l'aimantation spontanée; j'ai surtout voulu montrer l'importance théorique des propriétés singulières de l'aimantation thermorémanente.

SPECTROSCOPIE. — *Essai d'identification de quelques transitions dans le spectre moléculaire de l'azote.* Note ([1]) de M. **Joseph Janin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le travail de R.E. Worley ([2]) sur le spectre d'absorption de l'azote permet une identification probable des niveaux supérieurs de plusieurs systèmes de bandes.

1° J'ai observé dans l'effluve un système de bandes dégradées vers les grandes longueurs d'onde, dont le niveau inférieur est le niveau $a^1\Pi$ de la molécule d'azote ([3]). Il avait été provisoirement regardé comme formé de deux progressions. Il semble, d'après les travaux de Worley, qu'il s'agisse en réalité de deux systèmes différents provenant de deux états électroniques supérieurs distincts. L'un d'entre eux se trouve alors à 105349 cm^{-1} au-dessus du niveau fondamental $X^1\Sigma$; c'est un état $^1\Pi$, qui est vraisemblablement identique au niveau *m* de Worley (105347 cm^{-1}) ([4]). L'autre est approximativement situé à

([5]) *Conseil de l'Institut de Physique Solvay*, 1930, Paris, pp. 303-309.

([6]) *Thèse*, n° 2600, Paris, 1937.

([1]) Séance du 5 août 1946.

([2]) *Phys. Rev.*, 64, 1943, pp. 207-224.

([3]) J. Janin, *Cahiers de Physique*, 16, 1943, pp. 73-74; *Thèse de Doctorat*, Paris, 1946; R. et L. Herman, *Cahiers de Physique*, 16, 1943, pp. 69-71; A. G. Gaydon, *Proc. Roy. Soc. London*, 182, 1944, pp. 286-301.

([4]) Cet état $^1\Pi$ est appelé q' dans une publication ultérieure de A. G. Gaydon et R. E. Worley (*Nature*, 153, 1944, p. 747). L'identité des états q' et m est également regardée comme probable par Gaydon (communication privée).

104709 cm^{-1} ; sa position exacte ne peut être déterminée avec précision, car la structure fine des bandes n'a pas été observée. Il semble pouvoir être assimilé à l'un des niveaux du groupe de bandes *l* de Worley (104702 cm^{-1}).

2° Une bande ultraviolette également dégradée vers les grandes longueurs d'onde, $\lambda = 2839,4$ Å ($\nu = 35208$ cm^{-1}), apparaissait sur mes clichés; elle ne correspondait à aucun système connu de l'azote. En admettant qu'elle constitue la bande (0,0) d'un système ayant pour niveau inférieur l'état $a\,{}^1\Pi$, on peut la rapprocher d'une deuxième bande, $\lambda = 2980,5$ Å ($\nu = 33542$ cm^{-1}), qui serait la bande (0,1) du même système. Si cette interprétation est exacte, le niveau supérieur est voisin de 104150 cm^{-1}; il peut alors être identifié avec le premier niveau de vibration de l'état supérieur des bandes *l* de Worley (104142 cm^{-1}).

3° J'avais observé la structure fine d'une bande assez intense, dégradée vers le rouge ([5]), de longueur d'onde $\lambda = 3075,10$ Å ($\nu = 32509,8$ cm^{-1}). En regardant cette bande comme la bande (0,0) d'un autre système de même niveau inférieur $a\,{}^1\Pi$, on trouve que le niveau supérieur se tient à 101455 cm^{-1} au-dessus de l'état fondamental de la molécule d'azote. Il coïncide exactement avec le niveau supérieur $b\,{}^1\Pi$ des bandes *k* de Worley. La constante de rotation de ce niveau peut être déduite de l'analyse de la structure fine; on trouve $B'_0 = 1,41$, en excellent accord avec la valeur obtenue par Worley pour le niveau *b*. On peut rattacher à la bande $\lambda = 3075,10$ Å une deuxième bande très faible $\lambda = 3241,3$ Å ($\nu = 30844$ cm^{-1}), qui pourrait être la bande (0,1) du même système.

4° Le niveau supérieur des bandes η, observées par Mme Herman ([6]), qui est situé à 115570 cm^{-1}, est probablement le niveau $m = 3$ de la série de Rydberg étudiée par Worley (115564 cm^{-1}). L'étude de la structure de rotation des bandes (0,4) et (0,5) donne pour constante de rotation de ce niveau $B'_0 \cong 1,92$ si l'on prend, pour l'état inférieur, les constantes données par Gaydon ([3]).

ÉLECTRONIQUE. — *Diffraction d'électrons non monocinétiques et application à la mesure des hautes tensions alternatives.* Note ([1]) de M. **Jean-Jacques Trillat.**

On sait que le phénomène de diffraction des électrons par des substances cristallines s'obtient notamment en envoyant un fin pinceau d'électrons *monocinétiques* à travers un film mince de la substance cristalline. L'obtention de diagrammes électroniques nécessite donc l'emploi d'une tension accélératrice aussi constante que possible.

([5]) J. Janin, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1946.

([6]) R. Herman, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1944.

([1]) Séance du 5 août 1946.

On peut se demander ce qui se passera si, au lieu d'électrons monocinétiques, on emploie des électrons de vitesses variables, par exemple en utilisant, au lieu d'une tension constante, une tension *alternative* aux bornes de l'appareil. Dans ces conditions, le pinceau électronique sera constitué d'électrons ayant toutes les vitesses comprises entre o et v, v étant la vitesse qui correspond à la tension V de crête du transformateur donnée par la formule

$$\frac{1}{2} m v^2 = V e.$$

Soit un diagramme électronique d'une feuille de mica très mince obtenu à partir d'électrons accélérés par une différence de potentiel *constante* (40 kV par exemple) et tombant sous l'incidence normale sur la feuille; ce diagramme bien connu est constitué de séries de taches de diffraction réparties en un réseau, qui n'est autre que le réseau réciproque des plans de clivage (001) du mica. A partir de ce diagramme, l'on peut calculer facilement les deux paramètres a et b de la maille du mica (ce qui a été fait par de nombreux auteurs), et l'on trouve un bon accord avec les données par rayons X; inversement, on peut en tirer la valeur de la tension V ([2]).

Si la différence de potentiel accélératrice est variable, par exemple sinusoïdale, on peut s'attendre à ce que chaque tache de diffraction du diagramme se déplace le long d'un rayon passant par le centre, puisque, à chaque valeur instantanée de la tension, correspond une longueur d'onde associée donnée par la loi de Louis de Broglie

$$\lambda = \sqrt{\frac{150}{V}}.$$

On obtiendra ainsi une traînée radiale débutant près du centre pour la valeur de la longueur d'onde associée minima correspondant à la tension V maxima.

On observe dans ces conditions, au lieu de spots, des *comètes* dont la tête, plus intense, est voisine du centre et dont la queue s'éloigne radialement en s'estompant graduellement. L'apparence observée s'explique aisément en tenant compte de la variation de l'absorption par la préparation et de la variation de la sensibilité de l'émulsion photographique en fonction de la vitesse des électrons.

D'autre part, le diagramme présente une symétrie très sensiblement hexagonale qui rappelle les figures de chocs.

D'une façon plus précise, soit la rangée $[p, q, r]$; la distance entre les nœuds est n_{pqr}. La rangée $[p, q, r]$ est représentée sur le diagramme par une rangée

---

([2]) J.-J. Trillat, *Mesure des hautes tensions continues par diffraction d'électrons* [*Revue générale d'Électricité* (sous presse)].

[PQR] de taches de diffraction dont l'équidistance est

$$N_{PQR} = \frac{K\lambda}{\frac{n_{pqr}}{L}} \tag{1}$$

(K, n° d'ordre ; L, distance cristal-film photographique).

Supposons que la tension accélératrice varie; λ varie également et par conséquent aussi N_{PQR}. On a

$$\Delta N_{PQR} = \frac{K}{\frac{n_{pqr}}{L}} \Delta\lambda \tag{2}$$

Cette expression représente l'allongement radial de la tache d'ordre K.

On voit donc que l'allongement dépend :

1° de l'intervalle de la rangée diffractante n_{pqr};

2° de l'ordre de diffraction K.

Il est facile d'après le diagramme de déterminer la valeur de la *tension de crête* du transformateur qui alimente l'appareil. Connaissant en effet les valeurs *a* ou *b* des paramètres du mica déterminés par rayons X, on en tire la valeur de la longueur d'onde λ associée et donc de la tension V; il suffit d'appliquer ce calcul à l'extrémité la plus rapprochée du centre d'une comète d'indice PQR connu.

La diffraction d'électrons non monocinétiques constitue donc un moyen de *mesure absolue de la tension de crête* d'un transformateur, dans un domaine compris entre 10 et 100 kV environ. De plus, les diagrammes obtenus, d'un type nouveau, permettent dans certains cas de mettre en évidence des symétries dans la maille cristalline.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Évolution, au cours de la formation d'un gel de silice, de la fluorescence de corps dissous dans ce milieu.* Note [1] de M[lle] G. **Buchader** et M. **Jacques Lebesgue**, présentée par M. Aimé Cotton.

Divers travaux ont été consacrés à l'étude de la fluorescence de substances fluorescentes absorbées par des milieux colloïdaux solides : cellophane, silica-gel séché, fibres végétales, etc. La fluorescence présentant, dans un tel milieu, des différences notables avec celle de la même substance en solution ordinaire, il nous a semblé intéressant d'introduire la substance fluorescente dans une solution colloïdale susceptible de se transformer en gel et de suivre l'évolution de la fluorescence au cours de cette transformation. Cette étude a pour intérêt d'une part d'éprouver les possibilités d'adaptation des théories classiques de la fluorescence en solution en cherchant si elles permettent encore d'exposer

(1) Séance du 8 juillet 1946.

commodément des faits autres que ceux qui se produisent dans les solutions ordinaires pour lesquelles elles ont été conçues. D'autre part cette étude peut apporter une contribution à la connaissance de la transformation d'un sol en gel et des structures de ces milieux.

Les expériences ont porté sur des gels de silice formés à partir d'un mélange de silicate de soude et d'acide sulfurique et sur divers colorants fluorescents; des résultats particulièrement nets ont été obtenus avec la rhodamine S.

Nous avons tout d'abord étudié la polarisation de la fluorescence; comme nous nous y attendions celle-ci augmente au cours de la transformation en gel.

Au cours de cette étude nous avons remarqué, d'autre part, que la lumière émise par fluorescence par une solution augmentait de façon importante pendant sa transformation en gel. Cette augmentation de luminescence a surtout lieu dans les premières heures de l'évolution, alors que la prise en gel se fait en deux jours environ. Ainsi dans une expérience, après une heure et demie, l'intensité augmente de moitié par rapport à ce qu'elle était quelques minutes après la préparation du mélange, elle double en dix heures pour se stabiliser vers trois fois sa valeur initiale après 48 heures. Cette évolution est à comparer à celle d'autres constantes physiques du milieu. Quand le gel est pris, il a une florescence beaucoup plus vive que celle d'une solution aqueuse de même concentration. Comme le volume et la masse spécifique ne varient pratiquement pas pendant la formation du gel, l'interprétation du fait que la fluorescence d'un gel, qui s'est imprégné de substance fluorescente en séjournant dans une solution de celle-ci, est souvent beaucoup plus intense que celle de cette solution, ne doit donc peut-être pas être uniquement cherchée dans une concentration de la substance dans le gel, même si celle-ci existe effectivement, mais dans un état différent des molécules absorbées.

L'association d'un accroissement de polarisation et d'une augmentation de rendement lumineux semble au premier abord anormale. La théorie classique veut qu'une augmentation de polarisation soit simultanée d'une baisse de rendement. L'une et l'autre résultant d'une cause de désactivation sans émission des molécules excitées, cela explique évidemment la diminution de rendement et cela doit entraîner aussi une diminution de la vie moyenne des molécules qui émettent puisque la cause de désactivation a d'autant plus de chance de supprimer l'émission d'une molécule excitée, que celle-ci est de celles qui vivent plus longtemps à l'état excité. Or, moins la durée séparant excitation et émission est grande, moins l'agitation brownienne peut créer de désordre dépolarisant. Mais cependant la théorie classique permet aussi d'interpréter ce qui se passe dans les gels. Dans la théorie précédente les deux effets résultent d'une cause de désactivation, le mouvement brownien étant supposé non modifié. On peut au contraire supposer que les deux effets résultent d'une diminution de l'agitation brownienne que doit entraîner ici la fixation du colorant sur le gel et l'agglutination des micelles en gel. Ce qui explique une polarisation plus

forte. D'autre part les causes de désactivation sans émission supposent le choc ou la proximité des molécules excitées et d'autres molécules, la probabilité de désactivation avant réémission doit donc diminuer avec l'intensité du mouvement brownien, d'où augmentation de rendement. Il en résulte évidemment une augmentation de la vie moyenne de l'état excité à laquelle correspondrait, si l'agitation restait comparable à elle-même, une polarisation moindre. Mais cette diminution peut être peu de chose devant l'accroissement de polarisation qui résulte directement de la plus faible agitation, cause de cette durée plus longue de vie moyenne de l'état excité.

Cette hypothèse d'une diminution des désactivations sans émission, dans un milieu donné au cours de la formation du gel, explique également qu'au fur et à mesure de l'évolution le maximum de luminescence en fonction de la concentration en colorant se déplace vers les concentrations plus grandes. Ce que nous avons expérimentalement constaté.

Pour ce qui est de l'utilisation de ces phénomènes de fluorescence pour l'étude des milieux colloïdaux nous avons fait une expérience dont le résultat nous semble essentiel. On prépare simultanément des mélanges silicate-acide identiques à cela près que les uns ne renferment pas de colorants fluorescents alors que, dans les autres, on l'introduit au moment du mélange. Après un temps variable d'évolution on ajoute du colorant dans un mélange qui a évolué jusque-là sans en renfermer. On constate que l'intensité de la fluorescence a la même valeur que le colorant ait ou non été dans le mélange pendant son évolution. L'évolution de la fluorescence est évidemment liée à l'évolution du milieu colloïdal mais on pouvait aussi penser qu'elle provenait d'une fixation progressive du colorant sur les micelles dépendant de la durée de leur contact; l'expérience indiquée montre que l'on peut supposer cette dernière influence négligeable et considérer l'évolution de la fluorescence comme traduisant simplement l'évolution du gel.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude comparative des spectres Raman de quelques alcools aldéhydiques ou cétoniques.* Note (¹) de MM. **Joseph Wiemann** et **Pierre Maitte**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans les oses la fonction aldéhyde ou cétone n'apparaît, ni dans certaines propriétés chimiques, ni dans leur spectre Raman (²); nous avons cherché sur quelques alcools possédant la fonction aldéhyde ou cétone en position α, β ou γ, s'il y avait réaction entre les deux fonctions ou si chacune conservait son

(¹) Séance du 5 août 1946.
(²) J. Wiemann, *Comptes rendus*, 203, 1935, p. 791.
(³) J. Wiemann, *ibid.*, 220, 1945, p. 606.

individualité. Nous ne donnerons ici que les résultats obtenus; les détails expérimentaux et les spectres complets seront décrits dans un autre Recueil.

Pour les α-cétols, la fonction cétone apparaît d'une façon intense à sa place habituelle vers 1715 cm^{-1}; plusieurs spectres ont été obtenus à partir de composés fabriqués par la méthode décrite par l'un de nous ([3]), les mêmes résultats peuvent être constatés sur des spectres signalés par d'autres auteurs ([4]). L'intensité de la raie signalée et l'absence dans les dérivés les plus simples d'une raie de quelque intensité vers 1200 cm^{-1}, semblent exclure l'existence d'un cycle $>C{-}C(OH){-}$ (pont O entre les deux C) provenant d'une isomérisation du groupe $-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-C(OH)<$.

Nous avons de même essayé d'obtenir les composés les plus simples lorsque les deux fonctions se trouvent en position β, la question est, en effet, dans ce cas plus discutée ([5]). L'aldéhyde hydracylique s'est montré trop instable; mais le butanol 1-one 2 ou $CH_3{-}CO{-}CH_2{-}CH_2OH$ obtenu par aldolisation du formol avec l'acétone nous a donné un spectre normal avec une raie intense à 1706 cm^{-1}; l'interprétation totale du spectre, ainsi que celle des spectres signalés plus loin, seront donnés dans un autre recueil. L'obtention du spectre de l'aldol ordinaire dans des conditions permettant une distillation continue rapide, donnant un renouvellement du liquide analysé en un quart d'heure environ, fournit aussi une raie à 1719 cm^{-1}. Ce résultat est en accord avec ceux publiés récemment sur des spectres d'aldols plus compliqués ([6]), et aussi avec le spectre de l'aldol obtenu sans les précautions indiquées ci-dessus ([7]).

L'alcool acétopropylique ou $CH_3{-}CO{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2OH$ préparé d'après Zielinsky et Dengin ([8]) comporte une raie cétonique à 1711 cm^{-1}; mais il apparaît une raie assez forte à 929 cm^{-1}; nous pensons que nous avons affaire là à la fréquence fondamentale du cycle à cinq chaînons obtenu par isomérisation en la forme tétrahydrofuranique du céto-alcool considéré.

En résumé, pour tous les cétols α, les cétols β et aussi les aldols la structure paraît normale; pour les cétols γ la structure cyclique semble exister à côté de la forme ouverte; rappelons que les aldéhydes-alcool γ par contre ne paraissent exister que sous la forme tétrahydrofuranique, comme l'a montré l'un de nous ([9]) avec Ch. Glacet.

([4]) N. Lozach, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **11**, 1944, p. 419.
([5]) M. Backès, *ibid.*, 5e série, **8**, 1942, p. 274.
([6]) *Journ. Amer. Chem. Soc.*, **65**, 1943, p. 1714.
([7]) *Ibid.*, **65**, 1943, p. 1309.
([8]) *Ber. d. chem. Ges.*, **60**, 1922, p. 3357.
([9]) Ch. Glacet et J. Wiemann, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 940.

PHOSPHORESCENCE. — *Sur une transformation du silicate de cadmium phosphorescent produite par les radiations ultraviolettes.* Note [1] de MM. **Alberto Levialdi** et **Vittorio Luzzati**, présentée par M. Paul Langevin.

La différence entre la première courbe d'excitation du silicate de cadmium et les courbes successives montre que, par effet de la première excitation, il se produit une modification dans cette substance. La quantité de lumière émise par le tout premier processus étant inférieure à celles des suivantes, la différence d'énergie est probablement employée dans une sorte de réaction photochimique.

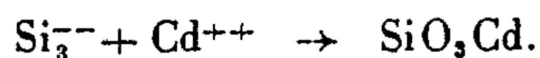
Description du phénomène observé. — Dans le silicate de cadmium phosphorescent contenant un petit pourcentage de Mn [2], et, excité par des radiations ultraviolettes ($\lambda = 2536$ Å), on peut observer que la première courbe d'excitation est tout à fait différente des suivantes. Plus précisément le temps nécessaire pour atteindre le maximum d'émission sous excitation, quand il s'agit de la toute première émission, est plusieurs fois plus long que lorsque il s'agit d'une émission produite par un silicate qui a déjà été excité au préalable.

Le phénomène est visible à simple vue de la façon suivante : on expose de la poudre microcristalline du silicate en question à la radiation; de ce fait le corps phosphorescent émet de la lumière dont l'intensité varie, avec le temps, suivant une loi bimoléculaire qui, à l'échelle du phénomène, peut être considérée comme exponentielle. Après avoir exposé pendant quelques minutes une partie de la surface de la poudre (cachant le reste par un écran), on éteint la source d'excitation et l'on expose à nouveau l'échantillon après avoir enlevé l'écran de la partie de la surface qui n'a pas encore reçu l'ultraviolet. Dès que toute la surface reçoit à nouveau la radiation excitatrice, il est aisé d'observer qu'aux premiers instants l'émission n'y est pas uniformément distribuée. *La zone qui n'a jamais reçu l'excitation émet beaucoup moins que l'autre.* L'uniformité est atteinte au bout de quelques dizaines de secondes.

---

(1) Séance du 5 août 1946.

(2) La préparation des échantillons de silicate de cadmium a été faite par M. L. Perez de la façon suivante : Une solution d'eau distillée de 15g,1 de SiO_3Na_2, $9H_2O$ mélangée avec une autre de 13g,45 de SO_4Cd, $8/3\,H_2O$ donne un précipité dû à la réaction suivante :



$$Si_3^{--} + Cd^{++} \rightarrow SiO_3Cd.$$

Le précipité est lavé sur filtre jusqu'à l'absence de réaction de SO_4^{--} par le Ba^{++} (0,5 N). On y ajoute 0g,522 de $Mn(NO_3)_2$ dissous dans l'eau distillée, ce qui correspond à 1g de Mn métallique par 100g de silicate. Le produit est séché, moulu, chauffé à 1050°C. pendant 15 minutes et moulu à nouveau.

Supposant que les deux courbes d'excitation suivent une loi exponentielle, cela s'exprime en disant que la toute première possède une constante de temps environ dix fois supérieure aux suivantes.

Le phénomène n'est pas la conséquence d'une modification momentanée : en effet nous avons laissé notre échantillon avec une partie de la surface excitée plusieurs jours hors de toute excitation et nous avons pu observer, après, que l'aspect du phénomène, sous excitation, restait celui que nous venons de décrire.

Le phénomène, apparemment, n'est pas lié à la thermoluminescence : en effet un chauffage jusqu'à 250°C. d'un échantillon, dont une fraction de la surface avait été excitée, observé a nouveau sous excitation, donne le même résultat.

La transformation qui se produirait dans le silicate par effet des radiations n'est qu'une hypothèse pour expliquer les observations décrites. Tout se passe comme si la formation de ce corps phosphorescent s'achevait sous l'influence de la lumière et si les traitements physicochimiques préalables n'étaient pas suffisants à déterminer une structure optimum.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la synthèse du méthanal par oxydation ménagée du méthane par l'oxygène à la pression atmosphérique.* Note [1] de MM. **Marcel Patry** et **Paul Monceaux**, transmise par M. Paul Pascal.

Cette Note fait suite à de précédentes Communications [2] concernant l'oxydation du méthane par l'air; la méthode utilisée est toujours celle du courant gazeux; l'appareillage diffère très peu de celui déjà décrit. Par mesure de sécurité, les deux fluides sont mélangés dans le tube à réaction par deux tubes concentriques. Les essais ont été faits en absence de tout catalyseur, puis en présence de petites quantités de vapeurs nitreuses. Le méthanal est toujours le seul composé organique oxygéné que nous ayons pu mettre en évidence.

1. *Essais sans catalyseur.* — Le champ d'expérience est fortement restreint en raison du domaine d'inflammabilité, très étendu, des mélanges oxygène-méthane. Nous indiquons l'influence de la température, du temps de contact et de la composition du mélange gazeux sur le rendement en méthanal. Celui-ci est exprimé en pour cent de carbone total transformé en méthanal.

Influence de la température.

Mélange : oxygène 20, méthane 80. Temps de contact 1s,7.

Température (°C.)	530	590	610	660	700	750
% de C transformé en HCHO	0,02	0,04	0,16	0,36	0,60	0,30

(1) Séance du 29 juillet 1946.

(2) Patry et Monceaux, *Comptes rendus*, 221, 1945, pp. 259 et 300; Monceaux, *Thèse Ingénieur Docteur*, 1946.

Influence du temps de contact.

Mélange : oxygène 20, méthane 80. Température 700°.

Temps de contact (en sec.)	0,55	0,85	1,7	3,4
% deC transformé en HCHO	0,35	0,53	0,60	0,42

Influence de la composition du mélange.

Température : 700°. Temps de contact 1s,7.

Teneur % en oxygène	10	15	20	30
% de C transformé en HCHO	0,25	0,41	0,60	inflammation

La comparaison de ces résultats avec ceux obtenus dans l'oxydation par l'air révèle une grande analogie entre eux :

1° les rendements en méthanal restent faibles, ils sont cependant légèrement supérieurs à ceux obtenus avec l'air;

2° pour une composition du mélange gazeux et un temps de contact donné, le rendement présente un maximum, à une température d'autant plus élevée que le mélange est plus riche en méthane;

3° les courbes représentant l'influence du temps de contact ont la même forme en cloche que nous avons rencontrée dans la combustion par l'air;

4° les meilleurs rendements sont obtenus pour les mélanges les plus riches en oxygène.

Ces différents résultats s'expliquent simplement par la théorie établie pour la combustion par l'air et décrite dans les Notes précédentes.

2. *Catalyse homogène par les vapeurs nitreuses.* — La synthèse de ces vapeurs se réalise au sein même de l'oxygène servant à l'oxydation du méthane. Les rendements en aldéhyde sont considérablement accrus, mais on note une chute des températures correspondant aux rendements maxima. L'inflammation des mélanges gazeux se produit également à des températures plus faibles d'environ 100°.

Nous donnons les résultats d'une série d'essais exécutés à 570° qui nous ont donné des résultats intéressants. Plus de 15 % du méthane a été en effet transformé en méthanal :

Gaz entrant (en litres)	O_2	16	24	23,4
	CH_4	100	150	142
	Total	116	174	165,4
Gaz sortant (en litres)		110,5	165	157
Produits liquides (en grammes)	H_2O	11,2	17,55	16,14
	HCHO	2,02	3,25	3,75
Gaz sortant (en litres)	CO_2	0,6	1,2	1,0
	O_2	0,0	0,0	0,0
	CO	12,2	10,2	11,6
	H_2	4,3	6,5	6,4
	CH_4	78,9	79	77,2
	N_2	4	3,1	3,8
% de C transformé en HCHO		15,5	16	17,8

Il est intéressant de constater que ces réactions sont exothermiques : $Q = 10^{cal},7$, dans le cas de l'essai cité, par molécule de CH_4 mise en jeu. L'oxygène disparaît très vite et le rapport CO/H_2 est toujours supérieur à 1.

Quel est le mécanisme de la réaction ? A la formation d'aldéhyde



$$(I) \qquad CH_4 + O_2 \rightarrow HCHO + H_2O$$

se superpose une réaction d'oxydation, qui peut être soit



$$(II) \qquad CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O,$$

soit



$$(III) \qquad CH_4 + \tfrac{3}{2}O_2 \rightarrow CO + 2H_2O,$$

puis des réactions de conversion endothermique de différents types



$$(IV) \qquad CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2,$$



$$(V) \qquad CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2,$$



$$(VI) \qquad CH_4 + CO_2 \rightarrow 2CO + 2H_2.$$

Comme l'a indiqué Prettre (³), quand l'équilibre global n'est pas atteint, la comparaison de la composition de la phase gazeuse avec la composition théorique à l'équilibre peut montrer si la combustion s'est produite selon (II) ou selon (III). Dans nos essais, la concentration réelle en gaz carbonique est toujours inférieure à la valeur calculée pour l'équilibre. La combustion se produit donc selon (III), avec formation directe d'oxyde de carbone. Il en était d'ailleurs de même dans le cas de nos essais d'oxydation par l'air.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Photochimie de l'azanthracène-β et de son dérivé mésodiphénylé.* Note (¹) de MM. **André Étienne** et **Jean Robert**, présentée par M. Marcel Delépine.

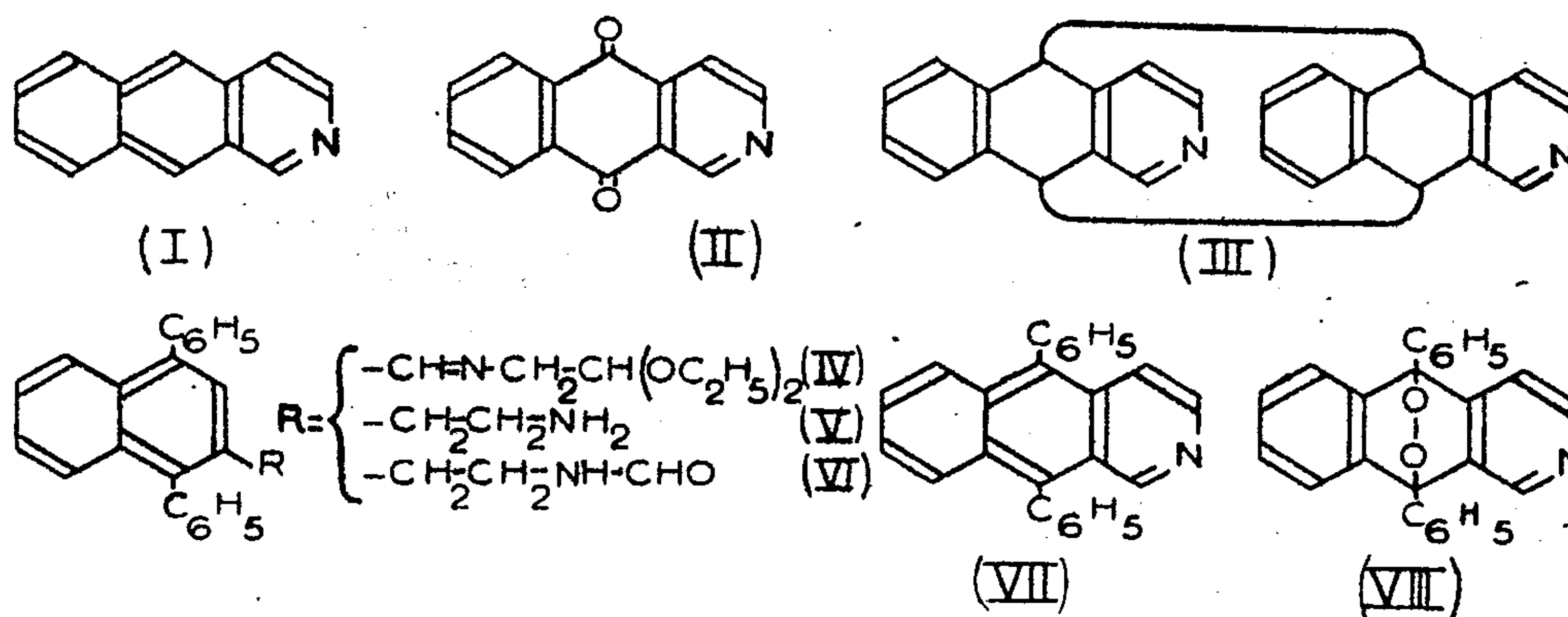
L'un de nous a déjà indiqué (²) que par le remplacement d'un CH latéral de l'anthracène par un atome d'azote, opération aboutissant à une configuration azanthracénique, on ne devait que peu modifier la réactivité des mésosommets de la nouvelle molécule. Effectivement, dans le cas des azanthracènes-α ou benzoquinoléines linéaires, il avait été vérifié, en particulier, que l'azanthracène-α simple présentait les propriétés photochimiques caractéristiques de l'anthracène (photooxydation, photodimérisation) et le mésodiphénylazanthracène-α, la propriété de l'union labile de l'oxygène au carbone, découverte pour

(³) Prettre, Etchner et Perrin, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 621.

(¹) Séance du 5 août 1946.

(²) A. Étienne, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 694; **218**, 1944, p. 841.

le diphénylanthracène. Nous avons voulu vérifier si les mêmes phénomènes se produisaient également en série azanthracénique-β (benzoisoquinoléines linéaires), spécialement pour l'isomère β simple et son dérivé mésodiphénylé.



a. L'azanthracène-β (I), F 174°, a été préparé suivant la technique de von Braun et Nelles ([3]), par cyclisation d'un mélange de xylylpyridines et séparation de l'azanthracène-α. Comme pour ce dernier, nous avons vu que, lorsqu'il est irradié à la lumière solaire en solution diluée dans le sulfure de carbone, il se transforme en la mésoquinone, ici l'azanthraquinone-β (II), F 265-266° : on note seulement comme différence la production d'un peu plus de résines. On peut admettre également qu'il y a formation d'un photooxyde intermédiaire instable se transformant en azanthrahydroquinone isomère, facilement autoxydable en milieu alcalin. Comme son isomère-α, l'azanthracène-β donne par irradiation sous vide, pendant quelques semaines, en solution concentrée dans des solvants non photooxydants, tels que le benzène, l'acétone, l'alcool, l'éther, un photodimère (III) ($C_{26}H_{18}N_2$), le para-azanthracène-β : losanges incolores peu solubles, fondant avec décomposition en régénérant le monomère à 265-270° ; si l'irradiation est faite en présence d'air on obtient, en même temps que le dimère, un peu de quinone. Irradié à l'état solide le corps se modifie peu, si ce n'est pour se résinifier à la longue.

b. Pour préparer le mésodiphénylazanthracène-β (VII), la phénylation de l'azanthraquinone-β par les magnésiens a été abandonnée en raison de leur aptitude à réagir sur la liaison du noyau pyridinique, mise en évidence par l'un de nous pour les azanthracènes-α ([4]).

Un procédé de synthèse progressive, aurait pu consister dans la cyclisation directe du (diphényl-1.4 naphtal-2) iminoacétal (IV), ($C_{29}H_{29}O_2N$), prismes, F 98-99°, obtenu par condensation de l'aldéhyde diphényl-1.4 naphtoïque-2 avec l'aminoacétal. La cyclisation par des déshydratants tels que SO_4H_2, P_2O_5, chlorure de benzoyle, qui aurait dû nous fournir le mésodiphénylazan-

([3]) A. Étienne, *Ann. chim.*, 12e série, **1**, 1946, p. 23.
([4]) A. Étienne, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 622.

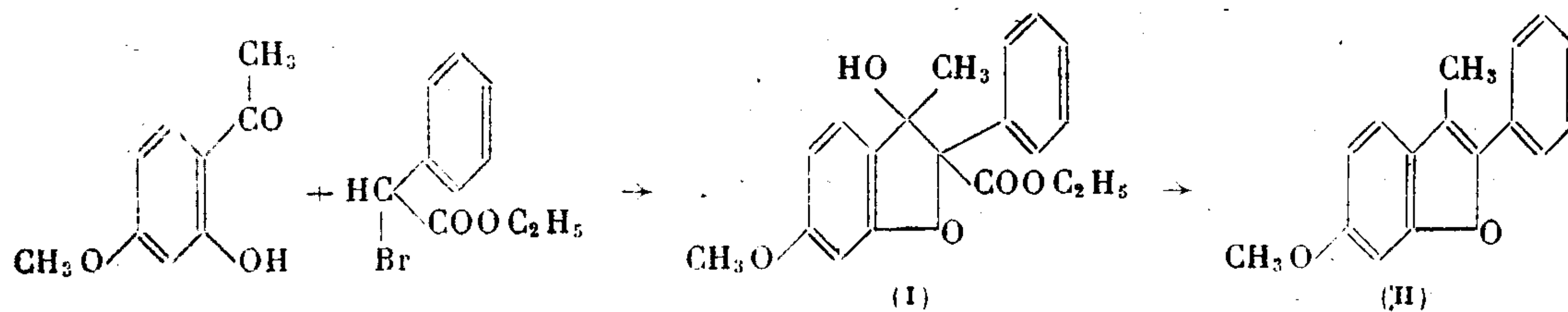
thracène-β, n'aboutit à aucun résultat. Nous sommes, par contre, arrivés au but en utilisant le diphényl-1.4 aminoéthyl-2 naphtalène (V), ($C_{24}H_{21}N$), prismes, F 128°, dont le dérivé formylé ($C_{25}H_{21}ON$) (VI), prismes rectangulaires, F 177°, a pu être cyclisé, non sans difficultés, en mésodiphénylazanthracène-β par déshydradation et perte de deux atomes d'hydrogène. Après de nombreux essais infructueux avec $POCl_3$, Cl_2Zn, SO_4KH, SO_4H_2, P_2O_5 nous avons trouvé avec l'oxybromure de phosphore, $POBr_3$, un agent de cyclisation qui nous a permis d'obtenir un rendement acceptable (30 %) pour pouvoir isoler le produit. Parmi les autres agents utilisés, seul P_2O_5 a fait apparaître la fluorescence révélatrice de l'azanthracène attendu mais sans en former de quantités isolables.

Le mésodiphénylazanthracène-β (VII), ($C_{25}H_{17}N$), losanges jaunes F 240°, présente également, comme son isomère-α, la propriété de l'union labile de l'oxygène au carbone. En effet, irradié dans le sulfure de carbone il fournit, en même temps que beaucoup de résines, un photooxyde (rendement 20 %) (VIII) ($C_{25}H_{17}O_2N$), prismes incolores, F inst. 212-213°. Ce photooxyde se décompose très lentement à 145°, mais plus rapidement à 165° en libérant 75 à 80 % d'oxygène. Comparé à son isomère α, il semble moins stable à l'irradiation prolongée et la quantité d'oxygène libérée, bien qu'encore assez élevée, est notablement plus faible (80 % au lieu de 95 %).

La série β a donc un comportement semblable à celui de la série α, spécialement en ce qui concerne la photochimie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés coumaroniques apparentés à des substances œstrogènes.* Note (1) de MM. **Darius Molho** et **Charles Mentzer**, transmise par M. Maurice Javillier.

Dans une récente Communication, l'un de nous a décrit la synthèse de dérivés indoliques présentant une certaine analogie de forme avec des œstrogènes de la série de l'indène (2). Il était de même intéressant de préparer des composés coumaroniques du type (II) encore non étudiés. La phényl-2 méthyl-3 méthoxy-6 coumarone a été d'abord obtenue par action du phényl-α-bromacétate d'éthyle sur l'hydroxy-2 méthoxy-4 acétophénone conformément à la réaction :

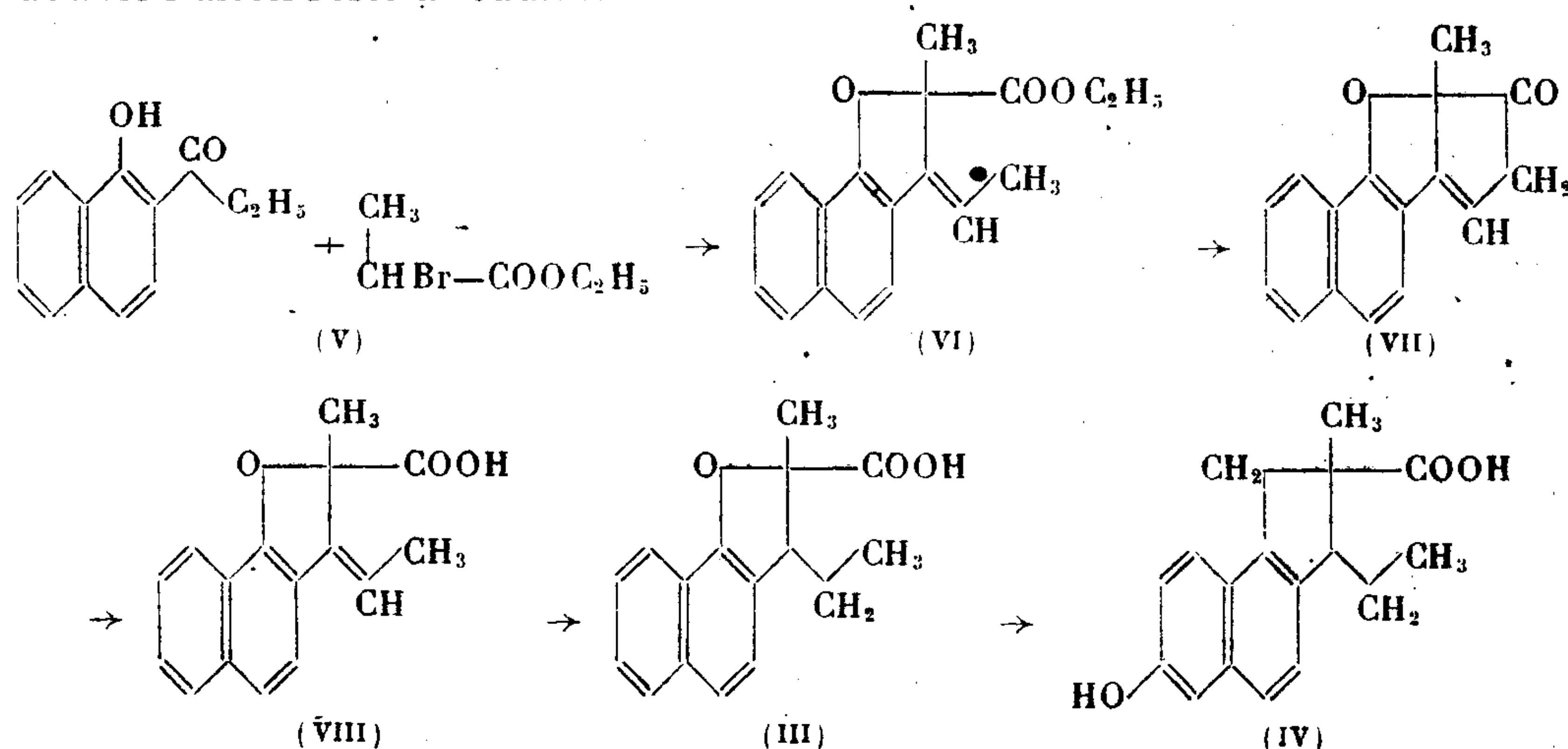


(1) Séance du 17 juillet 1946.
(2) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1176.

L'ester (I) a été saponifié, décarboxylé et déshydraté en la coumarone (II) cherchée. La même substance a pu être synthétisée par une autre méthode consistant à condenser l'α-phényl, α-bromacétone avec l'éther monométhylé de la résorcine.

Nous avons également préparé la *p*-méthoxyphényl-2, méthyl-3, méthoxy-6 coumarone; par contre les homologues supérieurs éthylés ou *n*-propylés en 3 n'ont pu être obtenus.

Il était également intéressant de synthétiser des coumarones (III) apparentées à la famille de l'acide doisynolique, et en particulier l'acide bis-déhydro nordoisynolique (IV) récemment préparé par Billeter et Miescher ([3]). Au cours d'essais préliminaires, l'[hydroxy-1 naphtyl]-2 éthyl-cétone (V) a été condensée avec l'α bromo-propionate d'éthyle. Il s'est formé l'ester (VI) qui, au cours de la distillation, a subi une cyclisation par suite d'une combinaison entre le carboxéthyle et le méthyle activé par la double liaison. Le dérivé (VII), hydrolysé par la potasse à chaud, a donné naissance à l'acide (VIII), dont la double liaison reste à réduire.



Partie expérimentale. — *α-bromo-α phénylacétone* : C_9H_9OBr, par **bromuration de** phénylacétone (1^{mol}) par Br (1^{mol}) dans l'acide acétique. $É_{15}$ 132-135°.

Phényl-2 méthyl-3 méthoxy-6 coumarone, $C_{16}H_{14}O_2$. — Dissoudre $12^g,4$ **éther** mono-méthylé de la résorcine dans 50^{cm^3} benzène sec. Ajouter $2^g,3$ Na, chauffer 2 heures en agitant; après refroidissement, ajouter goutte à goutte $0^{mol},1$ phényl-bromacétone. Chauffer 2 heures à reflux, refroidir, essorer, reprendre par l'éther, laver à la soude 10 %, puis à l'eau, sécher, chasser l'éther et rectifier sous vide. $É_{15}$ 218-220°. Rendement 10^g. Dissoudre l'huile obtenue dans 25^{cm^3} SO_4H_2 à froid. Abandonner 10 minutes, puis jeter sur glace; il se forme un précipité qui, recristallisé dans l'alcool, fond à 92°. On obtient le même corps en chauffant 12 heures à reflux $16^g,6$ hydroxy-2 méthoxy-4 acétophénone, $24^g,3$ phénylbromacétate d'éthyle, 20^g CO_3K_2 et 40^{cm^3} méthyléthylcétone comme solvant.

([3]) *Helvetica chimica Acta*, **29**, 1946, p. 859.

Laisser refroidir, diluer avec H_2O, acidifier avec SO_4H_2, extraire à l'éther, laver, sécher; chasser les solvants, entraîner l'excès d'hydroxy-méthoxy-acétophénone à la vapeur d'eau. Saponifier le résidu avec 5g KOH + 5cm³ H_2O, en présence d'un peu d'alcool méthylique. Après extraction de l'insaponifiable à l'éther, acidifier et porter une heure à l'ébullition; CO_2 se dégage; il reste un résidu qu'on dissout dans l'alcool méthylique à chaud; par refroidissement la coumarone cristallise, F 92°. Le mélange des substances obtenues par les deux procédés ne donne pas lieu à abaissement du point de fusion. C % trouvé 79,5, calculé 80,6; H % tr. 5,67, calc. 5,88.

p-Méthoxy-phényl chloracétate d'éthyle, $C_{11}H_{13}O_3Cl$. — Le *p*-méthoxy-mandélate d'éthyle (1mol) est dissous dans la pyridine (1mol) et traité par $SOCl_2$ (1mol) suivant Darzens. $É_{20}$ 175°; 22g alcool secondaire donnent 18g dérivé chloré.

p-Méthoxyphényl-2 méthyl-3 méthoxy-6 coumarone, $C_{17}H_{16}O_3$. — Se prépare en partant de 11g hydroxy-2 méthoxy-4 acétophénone, 16g *p*-méthoxy-phényl choracétate d'éthyle, 12g CO_3K_2 et 45cm³ méthyléthyl-cétone conformément à la technique décrite. F 96-97°. C % calc. 76,1, tr. 75,8; H % calc. 5,97, tr. 5,82.

Méthyl-2 cyclopenténo-2.3 benzo-6.7 coumarone, $C_{16}H_{12}O_2$. — Partir de 20g [hydroxy-1 naphtyl]-2 éthyl-cétone, 36g α-bromo-propionate d'éthyle, 25g CO_3K_2 et 60g méthyl-éthyl-cétone. $É_{15}$ 260°; aiguilles jaunes, peu solubles alcool, F 161°. C % calc. 81,3; tr. 81,2; H % calc. 5,08, tr. 5,05.

Acide méthyl-2 éthylidène-3 benzo-6.7 coumarone-carbonique 2, $C_{16}H_{14}O_3$. — Dissoudre le corps précédent dans le minimum d'alcool; faire bouillir la solution 2 heures avec KOH; après traitement, on obtient un acide recristallisable dans CH_3COOH, F 280°. C % calc. 75,5, tr. 74,8; H % calc. 5,51, tr. 5,76.

CYTOMORPHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la coloration vitale des vacuoles par l'orange d'Acridine et le rouge neutre.* Note de M. **Karl Höfler**.

L'orange d'Acridine introduit par Strugger (1940) dans la physiologie cellulaire végétale est un des meilleurs colorants fluorescents. Ce colorant présente l'avantage de teindre spécifiquement toutes les parties cellulaires principales de l'épiderme intérieur des écailles bulbaires d'*Allium cepa* (p. e. cytoplasme, noyau, suc vacuolaire et membrane cellulaire). Je pus confirmer les observations faites par Strugger en tous les détails.

Je me servis du grand modèle du microscope à fluorescence de Reichert (construction Lux U.V.), employant pour mes recherches en été 1945 les épidermes inférieurs des feuilles de différentes orchidées indigènes. Les coupes, comprenant un étalage de cellules, furent immergées pendant dix minutes dans des solutions au 1/10000 ou au 1/5000 d'orange d'Acridine (colorant Bayer stand, de Hollborn et fils) dissoutes en tampons phosphatiques, puis transférées dans des bains tamponnés incolores au pH correspondant et examinées à la lumière U.V.

Chez *Orchis maculata* en région acide (pH 2, 8-6, 4) le colorant est fortement adsorbé par les membranes cellulosiques, les sucs restant vides. Au-dessus de pH 6,6 les vacuoles se teignent à fluorescence cuivre mât, ce qui s'accorde avec la réaction de l'épiderme intérieur d'*Allium cepa*. Ce mode de coloration se trouve aussi chez différents objets et ceux-ci nous présentent, par le rouge

neutre, une limite analogue entre la coloration des membranes et des vacuoles (Strugger, 1936).

D'après Strugger et Drawert ces observations s'expliquent ainsi : au-dessus d'un certain pH les colorants basiques existent la plupart en forme de molécules (sels et bases), non dissociés et lipophiles, qui sont capables de pénétrer dans le suc vacuolaire, tandis que les ions colorants présents dans la région acide et insolubles dans les lipoïdes, ne peuvent passer par le cytoplasme dans les vacuoles.

Mais il existe un grand nombre de cellules végétales, qui donnent, par le rouge neutre, une coloration vitale des vacuoles aussi au bain acide. Par conséquent une généralisation se défend. Il se pose ainsi un problème bien intéressant à résoudre pour la physiologie cellulaire, celui d'expliquer les différentes manières de réagir des différents types cellulaires. Il est éclairé non par le rouge neutre, mais par les expériences avec l'orange d'Acridine. Par lui, les vacuoles de *Platanthera bifolia* se colorent intensément en jaune vert et cette coloration fluorochrome s'étend dans les divers pH bien loin dans la région acide jusqu'au pH 3. C'est un nouveau fait bien surprenant que la fluorescence vert-luisant du suc vacuolaire se développe presque indépendamment du pH.

Évidemment le colorant est capable de passer aussi dans la région acide. L'explication de Strugger, que l'orange d'Acridine au-dessous de pH 6 ne s'accumule point dans les vacuoles d'*Allium*, parce qu'en état ionisé le colorant ne pourrait passer le cytoplasme, ne peut pas être exacte.

Par une étude précise je crois avoir résolu ce problème. Au cas mentionné de fluorescence jaune vert le colorant entre dans le suc cellulaire et il en résulte une combinaison chimique. Au contraire, au cas de fluorescence rouge cuivre, uniquement les ions d'orange d'Acridine se trouvent accumulés dans le suc vacuolaire. Pour les types d'*Orchis* et d'*Allium* je m'explique le mécanisme de l'accumulation des ions de façon suivante : Les molécules de l'orange d'Acridine passent de la solution alcaline extérieure par le cytoplasme, se dissocient dans le suc vacuolaire acide et polymérisent en chaînes de cations. Le fait que les sucs, en état de fluorescence rouge, restent inaltérés pendant des jours, si on les conserve après la coloration dans des solutions tamponnées incolores, nous donné la preuve que les ions ne peuvent pas exosmoser. Les sucs vacuolaires faiblement acides agissent pour ainsi dire comme *trappes d'ions*. Afin de les faire fonctionner, il faut seulement que le suc acide soit séparé par le cytoplasme vivant (perméable pour les molécules, mais imperméables pour les ions) d'un bain colorant neutre ou alcalin contenant des molécules non dissociées. Ce mécanisme représente donc un nouveau mode d'accumulation vitale. Dans le cas de *Plantanthera* au contraire, dont les vacuoles donnent une fluorescence vert criant, le colorant basique se combine chimiquement à des substances de nature inconnue présentes dans la vacuole.

Pour prouver l'exactitude de cette thèse, j'ai traité les cellules des orchi-

dées et d'*Allium* colorées par l'orange d'Acridine en faibles solutions de NH_3 ($n/200$; $n/500$) en observant l'effet entre lame et lamelle dans la lumière U.V. NH_3 endosmose facilement dans le cytoplasme vivant, ce qui est connu depuis de Vries (1871). Il rend les sucs vacuolaires alcalins et transforme les ions rouge brillant de l'orange d'Acridine en molécules capables de pénétration. Ces derniers exosmosent facilement. Ils s'attachent en dehors aux membranes cellulaires par électroadsorption en couleur rouge brillant, ce qui nous prouve qu'en présence de NH_3 les membranes cellulosiques peuvent attirer et accumuler les ions de la base colorante. Les vacuoles d'*Allium* et d'*Orchis*, jusqu'ici colorées en rouge, se décolorent complètement au cours de 1 à 3 minutes, les cellules restant vivantes. Par contre, les vacuoles de *Platanthera* colorées à fluorescence verte ne se décolorent pas, lorsqu'on les traite de la même manière par NH_3. Il semble que le colorant combiné chimiquement à des substances vacuolaires, malgré la réaction alcaline, ne peut se transformer en molécules libres capables de perméabilité.

D'après la réaction des colorants basiques l'on pourra ainsi distinguer des sucs vacuolaires *vides* ou *pleins*. Ceux qui sont *vides* prennent une coloration ionique dépendant considérablement du pH du milieu. Ceux qui sont *pleins* se colorent, parce que le colorant se combine chimiquement avec certaines substances vacuolaires, indépendamment du pH.

Comparant les deux mécanismes d'accumulation, l'emploi de l'orange d'Acridine comme colorant vital du vacuome est bien préférable à celui du rouge neutre en raison de la facilité de distinguer en lumière U. V. la fluorescence jaune vert des composés chimiques et celle du rouge cuivre mât des cations enfermés dans les vacuoles.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Répartition du sélénium dans les différents éléments de la Moutarde blanche et du Colza cultivés en sol sélénié et récoltés après maturité.* Note (1) de MM. **Martial-Félix Taboury** et **Joseph Manceau**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'un de nous a montré, en collaboration avec Mlle Coudray-Viau que le sélénium se répartit inégalement entre les racines, les tiges et les feuilles de la Moutarde blanche, cultivée sur un sol régulièrement arrosé avec une solution de sélénite de sodium à 5mg par litre, et récoltée *juste à maturité*. Les teneurs en sélénium sont, dans l'ordre que nous venons d'indiquer, 1,9-0,76-5,7 parties par million en poids de *la partie* de la plante analysée, après séchage à 100°.

Nous avons cru devoir reprendre ces recherches et les étendre au Colza, en étudiant les différentes parties de la plante cueillie *un peu après maturité* (les

(1) Séance du 5 août 1946.

feuilles ont alors à peu près disparu), et en rapportant en outre la teneur en sélénium au *poids total* de la plante.

L'étude des fruits nous a paru intéressante à cause de la richesse relative des huiles de crucifères en soufre et de l'analogie chimique entre le soufre et le sélénium.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

	Sélénium par million de la partie de la plante analysée		Poids relatif des différentes parties de la plante		Sélénium par million de la plante entière	
	Moutarde.	Colza.	Moutarde.	Colza.	Moutarde.	Colza.
Racines	2,5	0,9	12,5	36,5	0,22	0,097
Tiges	0,8	0,6	39,8	132,0	0,22	0,23
Siliques	4,7	2,7	16,5	96,5	0,55	0,76
Tourteau	0	0	56,5	49,5	0	0
Huile	1,0	1,2	15,8	22,5	0,11	0,08
					1,10	1,167

Les densités et les indices de réfraction sont très sensiblement les mêmes pour les huiles sélénifères et pour les huiles normales.

L'examen du tableau permet les remarques suivantes :

1° Pour ces deux végétaux la teneur totale en sélénium, rapportée à la plante entière, est sensiblement la même.

2° Si l'on rapporte le sélénium à la partie de la plante analysée, les racines sont plus riches en sélénium que les tiges dans la Moutarde blanche et dans le Colza, mais à un degré moindre pour ce dernier (0,8 pour 2,5 avec la Moutarde et 0,9 pour 0,6 avec le Colza).

Avec cette manière de voir la tige semble être une voie de passage pour cet élément surtout dans le cas de la Moutarde blanche.

Par contre, si l'on rapporte le sélénium à la plante entière c'est la tige qui est plus riche que la racine pour le Colza, tandis qu'il y a égalité pour la Moutarde blanche.

3° Mais c'est dans le fruit, pris dans son sens général, que s'accumule cet élément :

a. les siliques sont riches, et, selon le mode de calcul de la richesse en sélénium, le classement de ces deux crucifères s'inverse;

b. dans les graines, le tourteau d'extraction est totalement dépourvu de cet élément que l'on trouve, en petite quantité, avec le même ordre de grandeur, dans l'huile de ces deux plantes.

Nous devons noter enfin que les résultats que nous venons de rapporter dépendent de la durée de séchage des échantillons. Beath ([2]) a, en effet,

([2]) *Selenium and other Toxic Minerals in Soils and Vegetation*, **206**, 1935.

montré que les plantes contenant du sélénium perdent en partie cet élément à la dessiccation.

En conclusion, le sélénium s'accumule principalement dans les fruits de ces deux crucifères et se fixe surtout dans les siliques. On en trouve un peu dans l'huile, alors que le reste de la graine n'en contient pas.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la température extérieure sur l'effet des hypnotiques.* Note [1] de M. **Joseph Sivadjian**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On a publié ces dernières années des travaux ayant trait aux effets du milieu, du régime et de l'âge sur le sommeil provoqué par les hypnotiques. C'est ainsi que Raventos [2] a étudié l'influence des températures de 20° et de 30° sur la durée de l'anesthésie par l'évipan et le luminal. E. J. De Beer, A. M. Hjort et Ch. A. Cook [3] ont analysé l'influence saisonnière sur cette anesthésie, influence qui, à notre avis, peut être ramenée à celle de la température. Hjort, De Beer et Fassett [4] ont constaté en outre que selon le régime utilisé, la toxicité d'un même hypnotique peut varier dans des proportions importantes. D'après H. P. Donald et J. Raventos [5], le Porc, âgé de 2-4 jours est, vis-à-vis de l'évipan, plus sensible que le Porc plus âgé.

Nous avons donc voulu voir l'influence de l'augmentation du métabolisme sous l'influence du froid sur la quantité d'hypnotique de la série des acides barbituriques, nécessaire pour provoquer le sommeil chez le Rat. Nous avons pensé *a priori* qu'en augmentant l'intensité du métabolisme sous l'influence d'une température suffisamment basse (— 1°), on peut accélérer la vitesse de destruction de l'acide barbiturique dans l'organisme, ce qui aurait pour effet l'augmentation de la dose hypnotique de cet acide.

Un lot de 15 Rats est placé dans une cave refroidie à — 1° et dont la température reste rigoureusement fixe. Un deuxième lot de 15 autres Rats est mis dans une seconde cave chauffée à 27° d'une manière également invariable. Chaque animal se trouve en cage séparé et reçoit une nourriture composée de carottes, de biscuits et d'eau.

D'après les recherches de Giaja, il faut un minimum de trois semaines pour arriver à obtenir chez les animaux ainsi traités une adaptation fixe et durable aux conditions auxquelles ils sont exposés. Nous avons donc laissé nos Rats vivre dans ces températures pendant trois semaines, après quoi nous leur avons pratiqué les injections de l'acide barbiturique choisi.

(1) Séance du 8 juillet 1946.
(2) *J. Pharm. exp. Therm.*, 64, 1938, p. 355.
(3) *Ibid.*, 65, 1939, pp. 46, 61.
(4) *Ibid.*, 65, 1939, p. 79; 66, 1939, p, 241.
(5) *Ibid.*, 65, 1939, p. 383.

Dans le but d'éliminer l'influence du facteur individuel, nous avons multiplié les expériences sur les mêmes animaux, en répétant les injections à plusieurs reprises, tout en les espaçant suffisamment, afin de laisser disparaître l'action de l'injection précédente.

L'administration de l'hypnotique a lieu, à l'état de sel sodique, par voie sous-cutanée et les animaux sont placés, après le traitement, dans une pièce à température normale et bien fixe. La première série de nos expériences a été faite avec l'évipan, dont l'action est brève et l'élimination très rapide. Nous en avons déterminé la dose hypnotique liminaire. Elle se trouve fixée à 7^{mg} par 100^{g} pour les mâles et à 5^{mg} par 100^{g} pour les femelles. Cette quantité produit, suivant l'individu, soit un sommeil très léger, soit simplement de l'incoordination dans la démarche. Ce sommeil superficiel est caractérisé par la position de l'animal qui reste couché immobile sur le côté et devient incapable de se redresser de lui-même lorsqu'on le change de position. La plupart des réflexes peuvent être conservés.

Or, nos expériences faites dans les conditions indiquées ont montré que dans le groupe des animaux maintenus au froid, sur un total de 37 cas, on obtient 15 fois le sommeil; 22 fois le sommeil ne se produit pas, soit 40,5 % de cas de sommeil. Dans le groupe des animaux vivant au chaud, sur 43 cas, on obtient 35 fois le sommeil. Les cas sans sommeil ne sont plus qu'au nombre de 8. Donc, dans ce deuxième groupe les animaux dorment dans les 81,4 % des cas.

Dans une autre série d'expériences nous avons essayé d'éliminer le facteur individuel en effectuant sur le même individu la comparaison des doses hypnotiques suivant la température extérieure. 9 Rats normaux des deux sexes sont traités par les doses liminaires correspondantes d'évipan. Puis ils sont placés pendant deux jours dans la cave à -1°. Ensuite ils sont traités une seconde fois par les mêmes doses d'évipan.

Ces nouvelles expériences mettent en évidence les faits suivants : tandis que chez les Rats normaux, la même dose d'évipan endort 7 Rats sur 9, après un séjour de 48 heures de ces mêmes Rats à -1°, cette même dose d'évipan n'endort plus que 2 Rats sur 9.

En résumé, ainsi que nous l'avions supposé *a priori*, l'augmentation du métabolisme par l'effet du froid entraîne une résistance accrue de ces animaux vis-à-vis de l'action des hypnotiques barbituriques et, par conséquent, nécessite l'augmentation de la dose narcotique.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action de la lumière sur l'équilibration des Poissons.* Note (¹) de M. **Charles Thibault**, présentée par M. Maurice Caullery.

Cherchant à préciser chez les Poissons le rôle des champs rétiniens dans l'adaptation chromatique, nous avons été amené à éclairer des Carpes uni-

(¹) Séance du 8 juillet 1946.

quement par en dessous; dans ces conditions elles nageaient toutes sur le flanc. Cette observation fut le point de départ d'une série d'expériences qui nous a permis de constater que chez la Bouvière, la Tanche, le Gardon, la Carpe et le Poisson-chat :

1° La position de l'animal dépend de celle des rayons lumineux.

2° L'angle que fait le plan sagittal de symétrie avec la verticale est toujours inférieur à l'angle α que font les rayons lumineux avec cette droite. C'est ainsi qu'une Carpe tourne au maximum d'une quarantaine de degrés quand les rayons lumineux sont dirigés horizontalement ($\alpha = 90°$) et de 60 à 90° quand la source est placée sous l'aquarium ($\alpha = 150$ à $180°$).

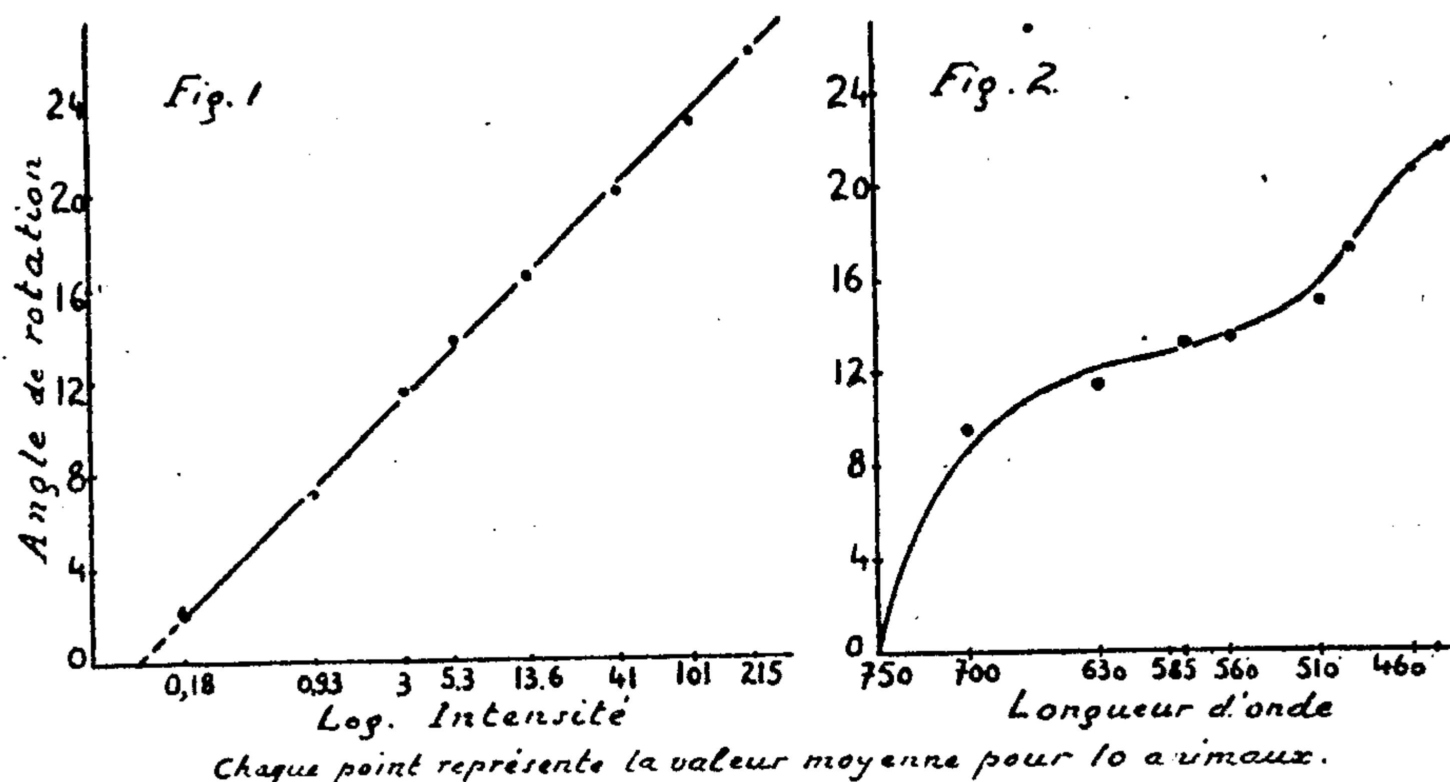
3° La position prise sous l'action de la lumière est conservée tant que subsistent les conditions d'éclairement qui lui ont donné naissance. Nous avons gardé pendant près de quatre mois des Carpes éclairées uniquement par en dessous, par la lumière du jour; elles ont toutes constamment nagé sur le flanc pendant le jour. Chez le Poisson-chat, la lumière venant par en dessous exerce même une action si puissante, qu'après quelques minutes d'éclairement inversé, l'animal s'immobilise le flanc contre le fond et peut demeurer ainsi des heures entières, pendant lesquelles on peut le toucher, agiter l'eau, ou frapper le cristallisoir sans qu'il manifeste la moindre activité; mais à peine a-t-on rétabli les conditions normales d'éclairement que l'animal reprend sa nage.

Nous étions arrivés à ces conclusions lorsque nous avons eu connaissance des travaux de Holst (1935) (2) et de Canella (1937) (3). Les résultats obtenus par Holst, sur *Crenilabrus rostratus*, sont assez voisins des nôtres, mais cependant une différence essentielle mérite d'être signalée : *C. rostratus*, éclairé par en dessous, ne se couche pas sur le flanc, il nage normalement. La lumière ainsi orientée n'exerce-t-elle donc aucune action sur l'équilibre de ce poisson, ou son action est-elle si faible que Holst n'a pas pu la déceler? Il est permis de se rallier à cette dernière hypothèse, mais, quelque explication que l'on puisse en donner, il faut cependant remarquer que, dans ce cas particulier seulement, *Crenilabrus* se comporte différemment des espèces que nous avons étudiées.

Malgré toute sa valeur, le travail de Holst n'apporte que peu de renseignements sur le mécanisme physiologique de la réaction et sur son déterminisme. Pour entreprendre une telle étude, il fallait d'abord préciser d'une façon rigoureuse, pour une position donnée à la source, le rapport entre l'intensité lumineuse et l'angle dont tourne le Poisson. Utilisant, pour la mesure de cet angle, un dispositif avec appareil de contention permettant d'apprécier aisément le degré, nous avons pu mettre en évidence, les rayons lumineux étant dirigés horizontalement, que *l'angle de rotation est proportionnel*, non pas

(2) *Publ. St. Zool. Napoli*, 15, 1935, pp. 143-158.
(3) *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, pp. 543-544.

comme Holst l'a admis, à l'intensité, mais *au log. de l'intensité* (*fig.* 1). Cette conclusion est valable *quelle que soit la longueur d'onde de la lumière utilisée.* L'étude des réactions en lumière monochromatique devait en outre mettre en évidence un fait important : *pour une même énergie, l'angle de rotation augmente quand la longueur d'onde diminue;* nulle dans l'infrarouge, faible dans le rouge, la rotation est maximum dans le violet. La courbe représentée figure 2



Chaque point représente la valeur moyenne pour 10 animaux.

permettait de penser qu'il s'agissait d'une sensibilité dermatoptique. De nombreuses expériences de section du nerf optique et d'ablation de l'œil permettent d'assurer qu'il s'agit d'une action directe de la lumière sur la rétine.

En résumé, chez plusieurs Cyprinidés et chez un Siluridé, l'orientation des rayons lumineux joue un rôle essentiel dans la position prise par ces Poissons; quand les rayons lumineux frappent l'œil horizontalement : *a*. l'angle de rotation est proportionnel au logarithme de l'intensité, quelle que soit la longueur d'onde de la lumière; *b*. l'angle de rotation est maximum dans le violet, couleur à laquelle l'œil des Poissons n'est pourtant pas particulièrement sensible.

MICROBIOLOGIE. — *Acides nucléiques et noyaux bactériens.* Note (¹) de M. **Roger Vendrely** et Mlle **Jeanne Lipardy**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dans une précédente Communication (²) nous avons fourni des données sur la richesse de diverses Bactéries en acides ribo- et désoxyribonucléiques, et

(¹) Séance du 29 juillet 1946.
(²) R. Vendrely et Y. Lehoult, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1357.

montré que la proportion élevée d'acide désoxyribonucléique (30 % de l'acide total) restait sensiblement constante quelle que soit l'espèce étudiée. D'autre part, nous avons vu que la richesse des Bactéries en acide à désoxyribose, 3 à 4 % du poids sec, est telle que, si par analogie avec toutes les autres cellules, on localise cet acide dans un noyau, ce dernier doit présenter une taille volumineuse, beaucoup plus volumineuse que certains travaux antérieurs ne semblaient l'indiquer, mais tout à fait en rapport avec l'organite décrit tout récemment par Robinow dans un très remarquable travail cytologique ([3]). En effet, cet auteur est parvenu à mettre en évidence un noyau dans les Bactéries par coloration au Giemsa de germes préalablement traités par l'acide chlorhydrique à 60°. Nous nous sommes demandés quel peut être l'effet possible d'un pareil traitement sur les deux acides nucléiques bactériens.

Nous avons procédé à l'extraction des Bactéries tout d'abord par l'acide chlorhydrique N à 60° pendant 10 minutes selon Robinow, puis ensuite par l'acide trichloracétique à 90° selon Schneider-Vendrely. Les dosages d'acides nucléiques totaux, d'acides à désoxyribose et à ribose ont été effectués sur les deux liquides suivant les techniques indiquées dans la Note précédente; voici nos résultats :

Un staphylocoque (souche 72) livre à l'acide chlorhydrique chaud 7,5 % de son acide désoxyribonucléique; le reste demeure dans les Bactéries et n'est extrait que par l'acide trichloracétique à 90°. Par contre presque tout l'acide à ribose est éliminé par le traitement chlorhydrique. Un colibacille (souche K_2) livre à l'acide chlorhydrique 37 % de son acide désoxyribonucléique et ne cède le reste qu'à l'acide trichloracétique, mais ici encore l'acide chlorhydrique élimine la quasi totalité de l'acide à ribose. Nous nous sommes aperçus qu'on retrouve dans l'extrait chlorhydrique une quantité de purines supérieure à ce que laisse prévoir l'acide nucléique total enlevé par le réactif et qu'inversement l'extrait trichloracétique contient moins de purines qu'il n'en devrait renfermer d'après sa teneur en acide désoxyribonucléique donnée par la réaction de Dische. Ainsi l'acide à désoxyribose laissé *in situ* par l'acide chlorhydrique a partiellement perdu ses purines par hydrolyse sans que, selon toute vraisemblance, sa chaîne polynucléotidique ait été détruite. Cela lui laisserait la propriété de fixer encore avec intensité les colorants basiques (Giemsa de Robinow).

Nos constatations permettent, nous semble-t-il, d'expliquer l'efficacité de la méthode cytologique de Robinow. La cellule bactérienne, chargée d'acide ribonucléique dans son cytoplasme, fixe de façon énergique les colorants basiques sans laisser voir nettement le noyau. Le traitement chlorhydrique, qui élimine pratiquement tout l'acide à ribose cytoplasmique, mais qui laisse la

---

([3]) Dubos, *The bacterial cell* (1 vol., Paris, 1945). ***Addendum*** par Robinow sur la cytologie de la cellule bactérienne.

majeure partie de l'acide à désoxyribose nucléaire, exerce ainsi une action *éclaircissante* permettant en toute netteté la mise en évidence du noyau par coloration au Giemsa.

Nous nous préocupons d'étudier la façon dont s'éliminent les deux acides nucléiques selon les concentrations d'acide chlorhydrique employées, la température mise en œuvre et la durée du contact, afin de rechercher une technique optimum qui permettrait, si possible, l'élimination totale de l'acide à désoxyribose. Ainsi la coloration de Robinow pourrait présenter son maximum d'efficacité.

La séance est levée à 15h40m.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 AOUT 1946.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. Pierre Lejay rend compte des travaux de la Commission permanente de l'Association Internationale de Géodésie qui s'est réunie à Paris du 5 au 8 août, aux séances de laquelle il a assisté et auxquelles dix-sept nations ont participé. Il expose la nouvelle organisation de cette Association ([1]).

MÉDECINE. — *Leucémie aiguë et insuffisance parathyroïdienne.* Note de MM. Léon Binet et Pierre Tanret.

L'observation que nous allons résumer pose la question de rapports possibles entre certaines leucémies aiguës et une insuffisance parathyroïdienne.

Une malade de 43 ans entre dans notre service en août 1940 pour une polyarthrite ankylosante. Le rachis, les épaules, les hanches, ainsi que les coudes, les poignets, les petites articulations des doigts, les cou-de-pieds, sont douloureux et plus ou moins ankylosés. Il existe d'importantes amyotrophies. Ankyloses et amyotrophies confinent la malade au lit.

Il est possible que cette polyarthrite, dont le début remonte à 1928, soit d'origine gonococcique, si l'on en juge par les poussées aiguës fébriles qui jalonnent son histoire, par l'importance des ankyloses et des amyotrophies chez cette malade encore jeune, par l'absence de localisations cardiaques, par un passé leucorrhéique, par une gono-réaction positive.

En dehors de ces manifestations articulaires, on constate chez cette malade des déformations sclérodactyliques, un masque sclérodermique. La voix est sourde, cassée.

La calcémie est à $0^g,118$ ‰. Les radiographies montrent d'importantes décalcifications généralisées, mais prédominant aux mains, aux poignets.

Pendant l'année qui suit, l'état de la malade ne fait qu'empirer. Les traitements recalcifiants — sels de calcium, rayons ultraviolets, vitamine D2 à fortes doses — n'amènent que des améliorations légères et transitoires. En dépit d'une calcémie qui se maintient entre $0^g,100$ et $0^g,120$ ‰, la malade fait à plusieurs reprises des crises de tétanie, avec spasme carpo-pédal.

([1]) Séance du 12 août 1946.

Devant l'échec de toute thérapeutique, et l'état inquiétant de cachexie où tombe notre malade, nous décidons, non sans hésitations, une parathyroïdectomie. Celle est pratiquée le 22 août 1941 par le Dr Welti. Les deux parathyroïdes enlevées se montrent du type compact, formées uniquement de cellules chromophobes. On y constate la trace d'hémorragies intra-glandulaires qui peuvent, pensons-nous, expliquer les accès de tétanie que avons observés.

Les suites opératoires sont remarquables. Les raideurs, les ankyloses se dissipent en grande partie, et l'on assiste à une amélioration incontestable du masque sclérodermique. Le 8 septembre 1941, la calcémie est à $0^g,098$ ‰.

La malade se rééduque à la marche et va quitter l'hôpital en décembre 1941 quand, en trois jours, se développe un drame qui va aboutir à la mort. Successivement apparaissent du purpura, des gingivorragies, des épistaxis, des métrorragies, une hématurie et enfin une hémorragie méningée qui terrasse la malade en moins de 12 heures.

Pendant ce cours laps de temps nous avons fait les constatations suivantes : la calcémie s'est effondrée à $0^g,040$ ‰; l'état du sang est celui d'une leucémie aiguë monoblastique :

G. R.	4 500 000
G. B.	24 000
Globulins	70 000

Les polynucléaires, les lymphocytes ont presque complètement disparu du sang. On n'observe plus que des monocytes, des monoblastes, des leucoblastes, présentant entre eux des formes de transition qui rendent difficile toute formule leucocytaire. Dans la moelle osseuse, il n'existe plus que des nappes de ces leucoblastes, de ces cellules monocytaires jeunes. M. Aubertin qui a bien voulu examiner nos préparations confirme le diagnostic de *leucémie aiguë monoblastique*.

Pour exceptionnelle qu'apparaisse cette observation de leucémie aiguë avec hypocalcémie survenant dans les suites d'une parathyroïdectomie, elle n'en pose pas moins le problème d'une simple coïncidence ou celui d'un rapport plus direct entre la leucémie aiguë et l'insuffisance parathyroïdienne.

Remarquons d'abord que l'hypocalcémie, l'hyperphosphorémie, tests classiques de l'insuffisance parathyroïdienne, se rencontrent sûrement assez souvent au cours de la leucémie aiguë. En effet, de ce point de vue, nous avons pu avoir des renseignements sur trois autres cas de leucémie aiguë chez des adultes. Chez un de ces malades, la calcémie est tombée à $0^g,060$, puis $0^g,040$ ‰. Chez un autre, la calcémie était normale, mais la phosphorémie atteignait $0^g,086$ ‰. Dans le troisième cas, l'équilibre phospho-calcique était normal dans le plasma.

Les modifications de l'équilibre humoral du calcium et du phosphore pourraient paraître contingentes, au cours d'une maladie qui frappe si intensément la moelle osseuse. Faut-il, au contraire, pour les expliquer lorsqu'elles existent, faire intervenir le rôle d'une insuffisance des fonctions parathyroïdiennes? Nous le pensons, sur les résultats de l'expérimentation suivante.

Nous avons pratiqué la thyroparathyroïdectomie chez 11 chiens. Chez 5 de ces animaux, la résection a été partielle, unilatérale. Ces animaux n'ont présenté que des modifications insignifiantes de leur calcémie et de leur équilibre leucocytaire.

Chez 6 chiens, la thyroparathyroïdectomie a été totale. Leur calcémie est tombée entre

0g,060 et 0g,040 ‰. Une poussée leucocytaire avec polynucléose s'est développée et fut d'autant plus marquée que l'évolution fut plus rapide.

Certaines modifications de la moelle osseuse méritent d'être soulignées. Inconstantes, nous les avons observées dans les tout derniers jours de l'évolution de l'insuffisance parathyroïdienne, d'une part chez un chien mort de tétanie le 11e jour, d'autre part, surtout, chez deux chiens dont la survie prolongée par l'absorption journalière de 2g de lactate de calcium, a atteint 23, 28 jours. Chez ces animaux, atteints de cet état de cachexie progressive, décrite par E. Gley, s'est développée tardivement dans la moelle, une réaction réticulo-endothéliale intense, faite de noyaux nus, du type histiocytaire, baignant dans les mailles du collagène. Cette réaction tend à étouffer le tissu myéloïde normal qui persiste cependant. On constate 3 à 4 % de cellules indifférenciées.

Cet aspect n'est donc pas celui de la leucémie aiguë. Il s'oppose, jusqu'à un certain point, à l'aspect fibreux que prend la moelle osseuse dans l'hyperparathyroïdie. Mais si l'on se rappelle que le système réticulo-endothélial de la moelle est le plasmode dont les éléments donneront naissance, en se libérant, aux lignées myéloide et peut être monocytaire du sang, il n'est pas illogique de penser que, dans certains cas, sous l'influence d'une insuffisance parathyroïdienne, la prolifération de ce tissu puisse aller jusqu'à la libération de formes jeunes indifférenciées, leucoblastiques. C'est là, pour l'instant du moins, une hypothèse de travail qui peut éclairer notre observation.

CORRESPONDANCE.

M. **Dario Acevedo** adresse des remercîments pour la distinction accordée à ses travaux en 1940.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Bulletin de l'École polytechnique de Jassy. Tome 1, fascicule I, janvier à juin 1946.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les rapports entre la théorie des mélanges et la statistique classique.* Note (1) de M. **Jacques Yvon**.

Se limitant à des problèmes sans spin, Wigner (2) a montré la possibilité de calculer, en mécanique quantique, notamment à propos de questions de thermodynamique, les moyennes à l'aide d'un formalisme identique à celui de la statistique classique. Wigner remarque toutefois que la densité de proba-

(1) Séance du 1er juillet 1946.
(2) *Phys. Rev.*, **40**, 1932, p. 749.

bilité qu'il utilise, fonction des coordonnées et des impulsions, ne mérite pas ce nom à proprement parler parce qu'elle n'est pas nécessairement positive. Il lui semble de plus que cette densité n'est pas déterminée d'une manière univoque et qu'elle ne permet à coup sûr le calcul correct des moyennes que dans le cas assez limité où l'opérateur quantique correspondant dépend seulement soit des coordonnées, soit des impulsions, et jamais des deux à la fois.

Récemment, J. Bass ([3]), puis E. Arnous ([4]), ont repris cette question et, somme toute, tombent d'accord avec Wigner sur l'ensemble de ces conclusions.

Je me propose de montrer ici que les réserves faites sur l'étendue du domaine d'application de la densité de Wigner sont entièrement injustifiées, et d'indiquer de manière précise comment les calculs doivent être conduits. Je me servirai à cet effet des résultats acquis dans une Note antérieure ([5]) dont je conserverai les notations.

J'insiste sur le fait que pour donner à la question tout son intérêt, il ne faut pas se limiter, comme le font J. Bass et E. Arnous, à des cas purs, mais qu'il faut envisager le problème dans le cadre de la théorie des mélanges. La situation est représentée alors par un noyau $\mathcal{N}(x, y)$ self-adjoint auquel la théorie quantique impose d'être normé et d'avoir des valeurs propres positives. Dans la Note précédente, j'ai associé à tout opérateur différentiel self-adjoint G opérant sur les fonctions de x une fonction de l'espace et de l'impulsion $g(x, p)$ et à tout noyau self-adjoint $\mathcal{N}$ une fonction $n(x, p)$ qui permettent de calculer la moyenne relative à G suivant la relation

$$\overline{\mathrm{G}} = \iint g^*(x, p)\, n(x, p)\, dx\, dp. \tag{1}$$

Ce formalisme est déjà le formalisme de la statistique classique, mais utilise des quantités complexes. Mais, formons maintenant

$$\gamma(x, p) = \exp\left(\frac{1}{2} i\hbar\theta\right) g(x, p), \tag{2}$$

$$\mathrm{D}(x, p) = \frac{1}{\pi\hbar} \iint \exp\left[2i\frac{(p-q)(x-y)}{\hbar}\right] n(y, q)\, dy\, dq. \tag{3}$$

A l'aide de ces fonctions, l'hermiticité de G et de $\mathcal{N}$ s'exprime plus simplement qu'à l'aide de g et de n [formules (2) et (9) de la précédente Note]. Pour que G et $\mathcal{N}$ soient self-adjoints, il faut et il suffit en effet que, respectivement, γ et D soient réels. g et n s'expriment en fonction de γ et D par les formules inverses de (2) et (3),

$$g(x, p) = \exp\left(-\frac{1}{2} i\hbar\theta\right) \gamma(x, p), \tag{4}$$

$$n(x, p) = \frac{1}{\pi\hbar} \iint \exp\left[2i\frac{(p-q)(y-x)}{\hbar}\right] \mathrm{D}(y, q)\, dy\, dq. \tag{5}$$

([3]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 141.
([4]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 489.
([5]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 311.

Introduisons γ et D dans (1) à la place de g et n. L'équation de la moyenne devient, après quelques transformations,

$$G = \iint \gamma(x, p)\, D(x, p)\, dx\, dp. \tag{6}$$

Maintenant le formalisme est beaucoup plus près du formalisme classique. La densité de probabilité D permet donc de calculer une moyenne quelconque. Ce progrès a été acquis en introduisant la fonction γ qui peut se déduire directement de l'opérateur G en effectuant le calcul suivant

$$\gamma(x, p) = \exp\left(\frac{1}{2} i \hbar \theta\right) \left[\exp\left(-i\frac{px}{\hbar}\right) G \exp\left(i\frac{px}{\hbar}\right)\right]. \tag{7}$$

La différence fondamentale entre la théorie des mélanges et la statistique classique est que, en statistique classique, D est essentiellement positif, cependant qu'en statistique quantique D, essentiellement, correspond à un noyau $\mathfrak{N}$ dont les valeurs propres sont positives, ce qui est évidemment beaucoup moins simple. Cette dernière condition est l'expression du principe d'incertitude : elle empêche que D puisse présenter un maximum infiniment aigu à la fois par rapport aux deux variables x et p. Je rappellerai la formule de Wigner qui permet de calculer directement D à partir de $\mathfrak{N}$. C'est :

$$D(x, p) = \int \exp\left(i\frac{pX}{\hbar}\right) \mathfrak{N}\left(x - \frac{X}{2}, x + \frac{X}{2}\right) dX. \tag{8}$$

Ces nouveaux résultats me paraissent entraîner que, contrairement à ce que pouvait penser Wigner, il n'existe pas d'autre fonction analogue qui soit susceptible de jouir des mêmes propriétés. D est défini d'une manière unique.

Quant à la formule (7), elle fait correspondre univoquement et sans ambiguïté des expressions de forme classique aux grandeurs quantiques.

Une application immédiate des remarques précédentes est l'énoncé suivant (il n'est actuellement justifié naturellement que dans le domaine quantique très restreint où je me suis placé) :

Lorsque, dans la théorie des mélanges, on fait tendre la constante de Planck vers zéro, cette théorie se confond, à la limite, avec la mécanique statistique classique.

Le raisonnement relatif à ce passage à la limite fait naturellement intervenir l'équation évolutive de D, qui est une conséquence de l'équation de Schrödinger, que Wigner a formulée et qui tend à la limite vers l'équation de Liouville.

CHALEUR. — *Sur le régime thermique obtenu par fusion localisée d'une plaque d'acier au chalumeau oxy-acétylénique.* Note [1] de M. **Henri Granjon**, présentée par M. Albert Portevin.

Nous avons entrepris l'étude expérimentale du cycle thermique provoqué, au sein d'une plaque carrée en acier doux, par une opération de fusion localisée, au centre de la plaque, à l'aide d'un chalumeau oxy-acétylénique dont la flamme est maintenue immobile et perpendiculaire à la surface chauffée. En chaque point, nous avons enregistré les courbes température-temps au moyen d'un couple thermoélectrique. D'autre part, pour les températures n'excédant pas 650° C., on obtenait un contrôle satisfaisant des températures et l'on pouvait assister, sur l'envers des tôles, à la naissance et au développement des isothermes par l'emploi de couleurs témoins caractérisées par un virage coloré, net et irréversible, à une température déterminée.

A. *Échauffement.* — 1° La forme des courbes température-temps relevées en chaque point montre qu'au bout d'un temps de chauffage dépendant de la puissance du chalumeau employé (100 à 500 litres d'acétylène à l'heure pour une tôle de 10^{mm}), on obtient un état quasi-stationnaire des températures. Le phénomène est matérialisé par l'immobilisation des isothermes, repérées par les virages colorés. Toutefois le côté du carré de tôle employé doit être suffisant pour que l'influence des bords n'apporte pas de pertubations (200×200^{mm} pour une tôle de 10^{mm}).

2° L'état quasi-stationnaire ainsi obtenu, pratiquement indépendant de la puissance du chalumeau employé, correspond à une répartition thermique qui est sensiblement la même que celle observée par Portevin et Séférian [2] au voisinage des soudures. Pour une même épaisseur de tôle, les courbes $\theta_m = f(x)$ donnant les températures maxima atteintes en fonction de la distance au point fondu coïncident avec les courbes $\theta_m = f(x)$ donnant, dans le cas du soudage, la température maximum en fonction de la distance à la ligne de soudure.

B. *Refroidissement.* — 1° Si, après avoir ainsi obtenu l'état thermique quasi-stationnaire, on éteint ou l'on retire brusquement le chalumeau, on enregistre en chaque point des vitesses maxima de refroidissement (1000°/min pour une tôle de 10^{mm}) bien supérieures à celles que l'on observe au voisinage des soudures (400°/min).

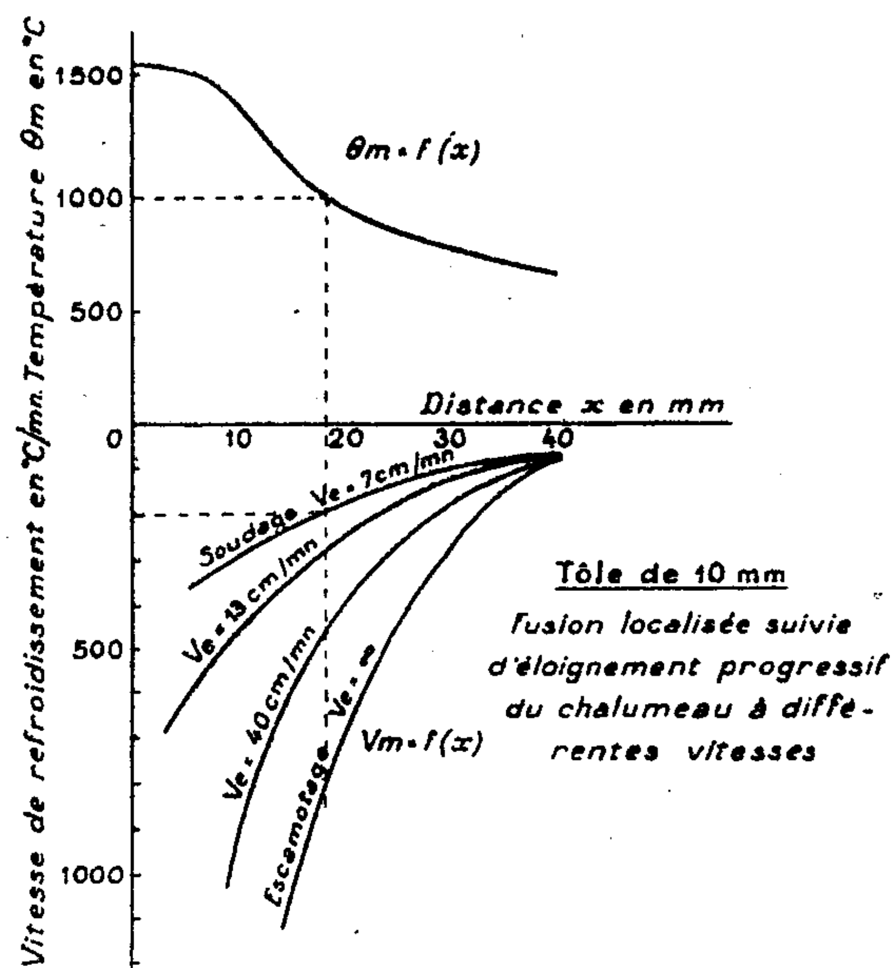
2° Si au contraire on éloigne progressivement le chalumeau, toujours allumé, dans une direction perpendiculaire à la tôle, on peut contrôler, par un réglage approprié de la vitesse d'éloignement V_e du chalumeau, la vitesse maximum V_m

(1) Séance du 1er juillet 1946.

(2) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 34.

de refroidissement en chaque point de la plaque. On peut en particulier la rendre égale à celle qu'on obtient par soudage effectif.

Par exemple (voir la figure ci-dessous), pour une plaque de $200 \times 200 \times 10^{mm}$, ayant subi la fusion localisée jusqu'à l'état quasi stationnaire avec un chalumeau de 225[l] d'acétylène à l'heure, on peut, par éloignement progressif du chalumeau à la vitesse de 7 cm/min, obtenir en chaque point, outre une température maximum θ_m, une vitesse de refroidissement V_m très sensiblement égale à celles que l'on obtient par soudage effectif au point correspondant.



D'autre part, si l'on désire préciser, pour une température donnée, l'influence de la vitesse de refroidissement sur les transformations du métal, on obtiendra une gamme de vitesses de refroidissement par la simple variation de la vitesse d'éloignement du chalumeau.

On dispose désormais, pour apprécier la soudabilité locale ou métallurgique d'un acier, d'un essai standard à l'abri de toutes les critiques que l'on adressait à l'essai pratique par soudage, dont les résultats pouvaient dépendre de l'habileté de l'opérateur.

CHALEUR. — *Sur la formation de brouillards d'eau surfondue à de très basses températures.* Note (¹) de MM. **Edmond Brun** et **Max Plan**, présentée par M. Henri Villat.

Au cours de mesures effectuées dans la soufflerie supersonique du C. N. R. S. à Bellevue, nous avons constaté la formation de brouillards d'eau surfondue à de très basses températures.

(¹) Séance du 12 août 1946.

L'air est aspiré dans une vaste salle à 12° C.; si l'on admet une détente isentropique, il prend, dans une veine correspondant à un nombre de Sarrau voisin de 2, une température à — 100° C. Le choc de condensation, localisé en aval du col de la tuyère, donne naissance à un brouillard que l'on peut rendre visible par un éclairage latéral. Ce brouillard est formé de gouttelettes d'eau puisque, pour certaines conditions extérieures de température et d'humidité relative, il peut donner naissance à des phénomènes de givrage ([2]). L'étude optique de la lumière diffusée montre que les gouttelettes sont fines, d'un diamètre inférieur au dixième de micron.

Ainsi, la condensation dans un air très froid peut se faire sous forme d'eau et, pour des gouttelettes très fines, l'état liquide peut exister même à une température inférieure à — 100° C.

OPTIQUE. — *Sur le filtrage des ondes.* Note ([1]) de M. **Pierre Marié**.

La présente Note fait suite à une Note antérieure ([2]) à laquelle on se reportera pour les notations et les équations de (1) à (12). Les équations (1) sont applicables à un système symétrique qui peut être constitué par un semi-réflecteur dans l'espace homogène, une impédance coupant une ligne électrique, un diaphragme interceptant un guide d'onde ou un registre obturant partiellement un tuyau sonore. Un calcul simple montre que l'on obtient des équations analogues en prenant, comme semi-réflecteur P, un plan de discontinuité des conditions de propagation (indice ou impédance caractéristique), les points M_1 et M_2 étant séparés de P par un même chemin optique. Si les discontinuités se répètent alternativement dans un sens puis dans l'autre, toutes les relations de la Note précitée restent vérifiées à l'exception des relations (1) où l'on remplacera $i\sin u$ par $\sin u$ et $\pm i\cot u$ par $\cot u$ et des expressions de $\mathcal{R}$ données par (5) et (6) dont il faut changer alternativement le signe; les autres formules demeurent inchangées, nous allons les interpréter :

Selon une méthode usuelle posons

$$\mu = 2\cos\varphi,$$

φ étant réel lorsque $-2 \leqq \mu \leqq 2$ et imaginaire pur lorsque μ est extérieur à cet intervalle, ν prendra alors la forme $e^{i\varphi}$ et x la valeur $k\mathrm{S}\sin\varphi$; la formule (7) s'écrit alors

$$(7') \qquad \frac{t_0}{t_{n+1}} = (-1)^n\left[\cos n\varphi + \frac{i}{2}\left(k\mathrm{S}\sin\varphi + \frac{1}{k\mathrm{S}\sin\varphi}\right)\sin n\varphi\right].$$

([2]) Edmond Brun et Max Plan, *Les Cahiers d'Aérodynamique*, n° 5, 1946, p. 113.

([1]) Séance du 12 août 1946.

([2]) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1039.

Pour n assez grand, lorsque le désaccord relatif d varie de $-\Delta$ à $+\Delta$, φ varie de o à π, et l'extrémité du vecteur représentant t_0/t_{n-1} dans le plan de Cauchy décrit $n/2$ fois une ellipse dont le grand axe varie et dont les sommets sont les points

$$x = \pm 1, \quad y = 0 \quad \text{et} \quad x = 0, \quad y = \pm \frac{1}{2}\left(kS\sin\varphi + \frac{1}{kS\sin\varphi}\right).$$

L'inégalité des axes cause des inégalités d'atténuation qui apparaissent sur l'équation (12) mise sous forme trigonométrique,

$$(12') \qquad \left|\frac{t_0}{t_{n-1}}\right| = \sqrt{1 + \frac{1}{4}(kS)^2\left[\frac{1}{(kS)^2} - 1 + \cos^2\varphi\right]^2\left(\frac{\sin n\varphi}{\sin\varphi}\right)^2}.$$

La transmission intégrale n'a lieu que pour les fréquences correspondant à

$$\sin n\varphi = 0 \quad \text{et} \quad \cos\varphi = \pm\sqrt{1 - \frac{1}{(kS)^2}} \quad \text{si } kS \geqq 1.$$

Entre ces valeurs, nous aurons une atténuation qui restera faible dans la bande $-\Delta \leqq d \leqq \Delta$ si kS est voisin de 1. Dans le cas où $n > 1$ et $kS = 1$, la courbe représentant $|t_0/t_{n-1}|$ en fonction de $\cos\varphi = d/\Delta$ oscille entre les valeurs

$$1 \leqq \left|\frac{t_0}{t_{n-1}}\right| \leqq \frac{1}{2}\left(\sin\varphi + \frac{1}{\sin\varphi}\right) = 1 + \frac{1}{8}\left(\frac{d}{\Delta}\right)^4 + \frac{1}{8}\left(\frac{d}{\Delta}\right)^6 + \frac{5}{32}\left(\frac{d}{\Delta}\right)^8 + \ldots.$$

Lorsque kS s'écarte de l'unité, les inégalités d'atténuation s'accusent. Les franges observées par M. Ch. Mauguin à propos de la propagation rectiligne des rayons X dans les cristaux, correspondent au cas où $\cos u' = 0$, donc $S = (1/2)K\pi\gamma$ et $kS = |\sin u|$, mais les formules ainsi obtenues ne sont qu'approchées.

En dehors de la bande $-\Delta \leqq d \leqq \Delta$, $(\sin n\varphi/\sin\varphi)$ devient $(\text{sh}\, n|\varphi|/\text{sh}|\varphi|)$ et l'atténuation croît rapidement avec n et φ; nous obtenons ainsi un filtre passe-bandes.

Notre calcul n'a tenu compte que des résistances de source et d'utilisation. S'il y a des pertes ohmiques dans le filtre, φ devient complexe, la formule (7') reste valable avec φ complexe, mais il est préférable de remarquer que le second membre de cette expression est un polynome en $\cos\varphi$, donc en μ, de poser $\mu = 2(\cos\varphi' + i\varepsilon)$ et d'obtenir un développement selon les puissances croissantes de ε.

La notion de réflexion itérative n'est pas indépendante de la notion d'impédance itérative, l'obstacle réfléchissant et les deux espaces qui le séparent des points M_1 et M_2 constituent un véritable quadripôle dont nous avons étudié l'aspect transmission-réflexion. Si l'on veut le considérer sous l'aspect classique tension-intensité ou mieux champ électrique, champ magnétique, il faut opérer

le changement de variables

$$E_1 = a z_1 \sqrt[4]{\frac{z_1}{z_2}}\,(t_1 - r_1), \qquad E_2 = a z_2 \sqrt[4]{\frac{z_2}{z_1}}\,(t_2 + r_2);$$

$$H_1 = a \sqrt[4]{\frac{z_1}{z_2}}\,(t_1 - r_1), \qquad H_2 = a \sqrt[4]{\frac{z_2}{z_1}}\,(t_2 - r_2).$$

E représentant le champ électrique et H le champ magnétique, Z une impédance caractéristique [au sens de Schelkunoff ([3])], les indices 1 et 2 étant relatifs à M_1 et M_2 et a est un facteur dépendant des unités.

On voit alors que la réflexion itérative $\mathcal{R}$ relative à M_2 par exemple, est la réflexion que nous aurions en M_2 vers P si en ce point l'impédance était itérative et que par suite l'impédance itérative Z, l'impédance caractéristique du milieu ou du guide d'onde **z** sont liées à $\mathcal{R}$ par la relation classique des réflexions dans les lignes

$$\frac{Z}{\mathbf{z}} = \frac{1 + \mathcal{R}}{1 - \mathcal{R}}.$$

Néanmoins dès qu'on considère un problème de propagation, malgré les généralisations possibles du concept d'impédance, il est souvent plus avantageux de s'en tenir aux notions de réflexion et transmission qui peuvent se définir à partir de l'énergie : la notion de réflexion itérative trouve alors son plein emploi.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Potentiel d'extraction électronique des métaux alcalins.* Note ([1]) de M. **Constantin G. Bedreag.**

Nous avons donné dans une Note préliminaire ([2]) la relation numérique simple qui relie le potentiel d'extraction w_0 d'un électron des métaux alcalins Na-Cs et le potentiel respectif d'ionisation I :

	w_0. V	I. V	Structure électronique.		
11 Na.........	2,5	5,12	(2 2*s* 6*p*)	1*s*	
19 K.........	2,2	4,32	(10 2*s* 6*p*)	1*s*	$w_0 = I/2$
37 Rb.........	2,1	4.15	(28 2*s* 6*p*)	1*s*	
55 Cs.........	1.9	3.87	(46 2*s* 6*p*)	1*s*	
....	...	....			
3 Li.........	-	5,37	2*s*	1*s*	

Pour les quatre alcalins Na-Cs, le potentiel d'extraction w_0 est la moitié du potentiel respectif d'ionisation I; le potentiel I est calculé par les termes

([3]) *Bell System Technical Journal*, 15, 1938, pp. 17 à 48.

([1]) Séance du 27 mai 1946.

([2]) *Bull. Sc. Ac. Roum.*, 27, 1943, p. 624.

spectraux et vérifié par l'ionisation directe des alcalins; le potentiel w_0 est le seuil de l'effet photoélectrique mesuré dans le vide, sur des couches minces métalliques complètement dégazées, des traces d'air faisant varier w_0 jusqu'à 0,2 V.

Nous ne disposons pas pour Li de mesures effectuées dans le vide; mais, si la relation simple précédente ne se vérifie pas rigoureusement pour cet élément, l'explication se trouve dans la structure électronique que nous avons rappelée dans le tableau ci-dessus; dans les couches métalliques les électrons spectraux sont libres; ils sont pourtant partiellement influencés par le nuage électronique central, qui est uniformément constitué par le groupe ($2s\,6p$) pour les quatre alcalins Na-Cs, qui est différent, $2s$, pour le Li.

Selon la statistique de Fermi-Pauli ([3]), les électrons libres de l'état métallique ont une énergie maximum

$$\zeta_m = \frac{h^2}{2m}\left(\frac{3n_1}{8\pi}\right)^{\frac{2}{3}}$$

et une énergie moyenne

$$\zeta_F = \frac{3}{5}\zeta_m;$$

h, constante de Planck; m, masse de l'électron; n_1, densité électronique par unité de volume.

Le travail w_0 nécessaire pour l'expulsion d'un électron par la surface libre métallique sera la différence d'énergie $E(N) - E(N-1)$ de l'élément de volume qui a perdu un de ses N électrons; soit, pour l'unité de volume,

$$w_0 = \frac{\partial}{\partial n_1}(n_1\zeta_F) = \frac{\partial}{\partial n_1}\left[\frac{3}{5}\frac{h^2}{2m}n_1\left(\frac{3n_1}{8\pi}\right)^{\frac{2}{3}}\right] = \frac{h^2}{2m}\left(\frac{3n_1}{8\pi}\right)^{\frac{2}{3}} = \zeta_m,$$

le travail w_0 a l'expression simple ζ_m.

On peut alors ioniser I un atome par deux voies différentes :

a. ioniser un atome libre, vapeur; travail I;

b. passer l'atome par l'état métallique; son électron spectral, libre dans le réseau atomique, a une énergie ζ; ajoutons-lui l'énergie qui correspond au travail d'expulsion w_0; l'atome initial sera de nouveau ionisé I, comme dans le cas précédent *a*; nous aurons

$$\zeta + w_0 = \mathrm{I},$$

mais, au seuil de l'expulsion w_0, ce seront les électrons qui ont l'énergie maximum ζ_m qui partiront du métal; donc $\zeta = \zeta_m$; alors

$$\mathrm{I} = \zeta + w_0 = \zeta_m + w_0 = w_0 + w_0 = 2w_0; \qquad \text{donc } w_0 = \frac{\mathrm{I}}{2}.$$

([3]) *Zeits. f. Physik*, 36, 1926, p. 902.

Nous aurons par analogie

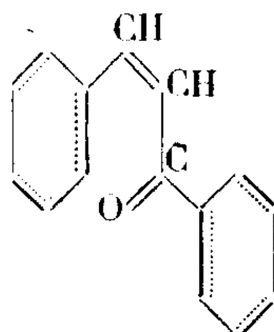
		I.	w_0.	w_0/I.	
79 Au	$(68 + 10d) + 1s$...	9,2	4,9	1/2	
47 Ag	$(36 + 10d) + 1s$...	7,5	4,7	»	différent de 1/2.
29 Cu	$(18 + 10d) + 1s$...	7,7	4,4	»	différent de 1/2.
»	$(18 + 9d) + 2s$...	»	»	»	différent de 1/2.

Cu, avec sa seconde formation électronique à $2s$ extérieurs, diffère des alcalins.

EFFET RAMAN. — *Exaltation de l'intensité de certaines raies dans les spectres Raman émis par des corps présentant une bande d'absorption au voisinage de la raie excitatrice.* Note [1] de M[lle] **Monique Harrand** et M. **Robert Lennuier**, présentée par M. Jean Cabannes.

A l'aide d'un montage permettant l'étude de l'effet Raman dans les poudres cristallines [2], nous avons obtenu les spectres Raman de diverses substances se présentant sous forme de petits cristaux jaunes; la radiation excitatrice 4358 Å se situe au début de la bande d'absorption que présente vers les petites longueurs d'onde chacune de ces substances. Dans ces conditions, les spectres Raman de plusieurs d'entre elles contiennent une raie dont l'intensité est beaucoup plus forte que celle des autres; la fréquence de la raie exaltée permet de l'attribuer aux groupements chromophores des molécules étudiées.

I. La chalcone, dont la molécule peut être représentée par la formule ci-dessous, fournit un exemple particulièrement net de ce phénomène; elle



se présente sous la forme de petits cristaux fortement colorés en jaune; la variété étudiée, dont le point de fusion est à 59°C., a été préparée par J. Guy. Le spectre Raman obtenu est reproduit figure 2; aucune raie n'apparaît vers 1710 cm^{-1}, ni vers 1640 cm^{-1} (forte altération subie dans cette molécule par les fonctions cétonique et éthylénique); mais une raie remarquablement intense apparaît à 1612 cm^{-1}, une autre moins intense, mais cependant encore

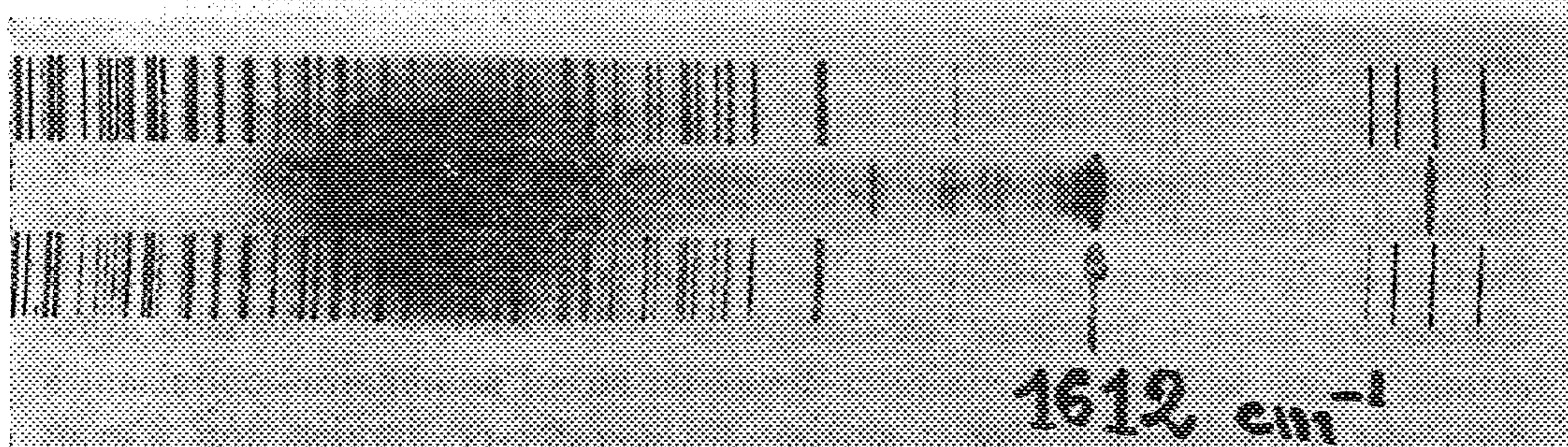
(1) Séance du 5 août 1946.

(2) Jean Cabannes, Robert Lennuier et M[lle] Monique Harrand, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 301.

forte, à 1601 cm^{-1}. Il ne paraît pas douteux que ces deux raies doivent être attribuées au groupe



qui relie les deux noyaux benzéniques; or ce groupe est certainement responsable aussi de l'apparition dans le visible de la bande d'absorption qui donne à la chalcone sa coloration. L'exaltation de l'intensité de la raie 1612 cm^{-1} nous paraît liée au fait que la raie excitatrice tombe dans cette bande.



II. Les dérivés trisubstitués du benzène dans lesquels un substituant au moins est le radical NO_2, les autres étant des halogènes, se présentent également sous l'aspect de petits cristaux plus ou moins fortement colorés en jaune. Or le spectre Raman de toutes ces substances, excitées par la radiation 4358 Å, présente vers 1350 cm^{-1} la raie de vibration symétrique du groupe NO_2 avec une intensité qui dépasse de beaucoup celle de toutes les autres raies.

III. Pour confirmer la relation entre l'exaltation de la raie Raman du groupe chromophore et la position de la raie excitatrice par rapport à la bande d'absorption correspondante, nous avons obtenu au cours d'une même pose de 360 heures effectuée en montage transversal classique, sur une solution de dichloronitrobenzène-1-3-4 dans le tétrachlorure de carbone, les spectres Raman excités respectivement par les radiations λ' 4046 et λ'' 4358. Nous avons ainsi pu comparer les intensités de la raie exaltée 1354 cm^{-1}, selon qu'elle est excitée par l'une ou l'autre des radiations λ' ou λ''; nous avons fait la même détermination pour la raie 789 cm^{-1} de CCl_4 excitée de la même manière. Le résultat obtenu est le suivant : le rapport des intensités de la raie de CCl_4 étant ramené à l'unité, celui des intensités de la raie 1354 cm^{-1} est égal à 2,5. Ce résultat établit l'influence des termes de dispersion dans le phénomène d'exaltation de la raie 1354; ils varient en effet rapidement lorsqu'on passe de la radiation excitatrice 4358 Å (sur le bord de la bande d'absorption) à la radiation excitatrice 4046 Å (à l'intérieur de la bande).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réactions ménagées pour l'obtention de cyclohexanols stéréoisomères*. Note ([1]) de MM. PIERRE ANZIANI, RAYMOND CORNUBERT et MAURICE DESCHARMES, présentée par M. Marcel Delépine.

N'ayant encore pu isoler que deux des trois $\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanols prévisibles, nous avons poursuivi l'étude de l'orientation stérique propre à différents réducteurs; comme précédemment, des essais ont d'abord été faits sur l'α-méhylcyclohexanone.

A notre connaissance l'action réductrice de certains magnésiens sur des cétones n'a pas encore été utilisée pour obtenir tel on tel stéréoisomère; or celle du bromure d'isobutylmagnésium sur l'α-méthylcyclohexanone nous a permis d'isoler l'alcool *cis* à l'état de pureté, mais seulement avec un rendement de 25-30% du fait de la formation d'alcool tertiaire. Devant ce résultat nous avons étudié l'action de ce même magnésien sur l'$\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanone avec l'espoir d'atteindre ainsi le troisième $\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanol. Effectivement cette cétone, à côté de l'alcool tertiaire, a donné un alcool secondaire conduisant à deux phényluréthanes F 159° et surtout F 102-103°; ce dernier, qui n'avait encore été qu'entrevu par nous, a présenté la teneur en azote des phényluréthanes F 132° et F 159° d'$\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanols ([2]). Il semble donc que l'isolement du troisième $\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanol puisse devenir une réalité.

Par ailleurs l'isopropylate d'aluminium avait transformé l'α-méthylcyclohexanone en un mélange d'alcools contenant environ 90 % d'isomère *trans* ([3]). Or il était possible que d'autres alcoolates d'aluminium fournissent un α-méthylcyclohexanol stériquement pur. En effet, avec le butanol-2, nous avons obtenu un α-méthylcyclohexanol contenant 98 % d'isomère *trans* (Rdt 33 %), tandis que l'isobutanol a permis d'atteindre une richesse de 99 % (Rdt 5 %). Le benzylate d'aluminium s'est révélé sans valeur.

La méthode au sodium et à l'alcool, d'une part, celle au platine en milieu acétochlorhydrique, d'autre part, ne sont pas les seules à conduire respectivement aux α-méthylcyclohexanols *trans* et *cis* purs.

Or il y a des cyclanones pour lesquelles ces deux procédés classiques ne peuvent être utilisés. C'est le cas des $\alpha\alpha'$-dibenzylcyclohexanones *cis* F 122° et *trans* F 55° qui sont aisément transposables l'une dans l'autre, soit par chauffage à partir de 100°, soit à froid sous l'influence de divers réactifs et en particulier de l'éthylate de sodium. Il en résulte que la réduction par le sodium et l'alcool donne dans chaque cas l'alcool F 123°. Par ailleurs l'hydrogénation

([1]) Séance du 19 août 1946.

([2]) R. CORNUBERT, P. ANZIANI, R. ANDRÉ, M. DE DOMO, R. JOLY, et P. ROBINET, *Bull. Soc. chim.*, 5e série, 12, 1945, p. 379.

([3]) P. ANZIANI et R. CORNUBERT *Bull. Soc. chim.*, 5e série, 12, 1945, p. 359.

au platine altère les groupes phényle et l'on aboutit aux αα'-dihexahydrobenzylcyclohexanones et cyclohexanols sans pouvoir saisir les αα'-dibenzylcyclohexanols ([4]).

Les méthodes à l'isopropylate d'aluminium, et mieux encore au nickel de Raney, ont ici donné satisfaction. Si, par l'isopropylate d'aluminium, la cétone *cis* s'est isomérisée pour 9 % en la cétone *trans* sans donner la moindre trace d'alcool, par contre la cétone *trans* F 55° s'est isomérisée en la cétone *cis* pour 50 % en fournissant un alcool F 70-72° avec un rendement de 22 %. Par le nickel de Raney, la cétone *cis* s'est transposée en la cétone *trans* pour 10 % sans se laisser aucunement réduire pendant que la cétone *trans* s'est isomérisée en la cétone *cis* pour 10 % en fournissant le précédent alcool F 70-72° avec un rendement de 80 %.

Obtenant ainsi un deuxième αα'-dibenzylcyclohexanol, nous avons cherché à préparer le troisième par action du bromure d'isobutylmagnésium sur les αα'-dibenzylcyclohexanones, mais l'action a été nulle dans l'éther aussi bien avec la cétone *cis* qu'avec la cétone *trans*; la seule différence entre ces deux cétones a été que l'isomère *cis* est resté intact, mais que la cétone *trans* s'est transposée en la cétone *cis* pour 43 %.

Il fallait s'assurer des relations des deux alcools F 123° et F 70-72° avec les cétones F 55° et F 122°; à cet effet une oxydation chromique en retour a été pratiquée. Si l'on oxyde par le mélange chromique en milieu hydrosulfurique, chacun des alcools donne la cétone *cis* F 122°; mais si l'on oxyde par l'anhydride chromique en milieu acétique, l'alcool F 123° n'engendre que la cétone *cis* F 122° tandis que l'alcool F 70-72° ne fournit que la cétone *trans* F 55°. L'alcool F 70-72° est donc l'alcool de configuration dibenzylée *trans*, l'alcool F 123° est l'un des deux alcools de la forme dibenzylée *cis*.

Des méthodes douces permettent donc de suppléer aux insuffisances des méthodes classiques de génération des cyclohexanols substitués stéréoisomères.

GÉOLOGIE. — *A propos des* calcaires de Mourzouk (*Fezzan*). Note ([1]) de M. MAURICE LELUBRE.

Il existe en de nombreux points du Fezzan des formations calcaires ou gréso-sableuses constituant des reliefs tabulaires peu élevés. On les appelle d'une manière générale *calcaires de Mourzouk*, du nom de la région où ils furent d'abord étudiés bien que les affleurements s'étendent plus vastement avec des caractères semblables.

([4]) R. CORNUBERT, M. ANDRÉ, M. DE DEMO, R. JOLY et A. STRÉBEL, *Bull. Soc. chim.*, 5e série, 6, 1939, p. 103.

([1]) Séance du 12 août 1946.

1. Au Sud de la Hamada-el-Homra, entre In-Sif et El Hassi, ces formations constituent une série de gour hauts d'une quinzaine de mètres, en bordure et à l'intérieur de l'erg. Elles sont formées de molasses et de marnes gréso-calcaires se terminant au sommet par des calcaires à tubulures. Ces affleurements sont en contre-bas de la falaise du Crétacé marin qui les domine de près de 150^m

2. Dans le Chati, on connaît depuis longtemps des calcaires blancs en discordance sur les terrains carbonifères et qui forment le couronnement des falaises dominant Tarout, Maharouga et Brak. A. Desio (²) les a assimilés, avec doute, au Crétacé marin transgressif. La série débute par une brèche à éléments non roulés et autochtones à Brak; les calcaires qui la surmontent sont absolument différents de ceux du Crétacé de la Hamada-el-Homra, en contre-bas desquels ils se trouvent par ailleurs.

Au Nord, dans quelques lambeaux isolés, mais surtout à l'Est en bordure de l'ouadi Kneir, on voit ces calcaires passer latéralement à des calcaires gréseux et à des molasses débutant par des conglomérats. Plus loin, vers l'Est, A. Desio a décrit le passage de formations conglomératiques analogues aux calcaires marins de l'Éocène, sans qu'on puisse nettement les distinguer. Au Sud la même formation se retrouve dans le Zellaf et entre Zighen et Semnou, formée de molasses et de calcaires bréchiques.

Au Sud-Est du poste de Brak, cette formation est ravinée par une lumachelle à *Cardium edule* qui se trouve à plus de 50^m en contre-bas. A. Desio a signalé la même chose entre Douesa et Berguen; j'ai retrouvé ces calcaires à *Cardium edule* en de nombreux points du Chati, en particulier dans le Zellaf où ils ravinent les molasses précédemment décrites.

3. Dans la dépression de Ghoddoua, on retrouve encore des calcaires bréchiques ou compacts, souvent gréseux, analogues. Ils remplissent une vaste cuvette dans les Grès de Nubie et sont eux-mêmes entaillés par l'actuelle vallée.

4. Mais les affleurements les plus étendus sont ceux de la région de Mourzouk-Tmessa. Ils s'étendent à l'Ouest jusqu'au delà d'Ararebba, remontent au Nord dans la région de l'Ouadi Etba, emplissent la dépression de la Hofra et celle de la Cherguia, interrompus par le seuil gréseux de Maghoua, dominés souvent par la falaise des Grès de Nubie en contre-bas de laquelle ils forment un large placage. Vers l'Est, A. Desio a décrit (³) des formations calcaires et gréseuses souvent conglomératiques qu'on ne peut distinguer de l'Éocène franc du Haroudj, et qui sont à la même altitude. Les calcaires ont livré quelques petits gastropodes et des graines de *Chara* à Dougial, Dlem (A. Desio), Ararebba et Mourzouk, mais ces organismes ne sont pas démonstratifs.

Cette hamada calcaire peu élevée est entaillée par un système compliqué de vallées à fond plat où se rassemblent palmiers et villages, et qui finalement aboutissent à de vastes sebkhas.

5. Enfin il existe des affleurements calcaires ou gréso-calcaires à l'Ouest de Magedoul, à Bir Mestouta, et entre Gatroun et Tedjeri (mais il s'agit souvent ici de croûtes récentes).

Tous ces affleurements appartiennent vraissemblablement à un même ensemble de formations : on constate en effet une remarquable homogénéité lithologique malgré les variations de faciès; de plus les conditions de gisement sont partout les mêmes, en particulier l'altitude est partout analogue, voisine de 400^m.

A. Desio a d'abord considéré ces formations comme crétacées, reconnaissant justement la connexion des calcaires de Mourzouk avec ceux du Chati, mais il

(²) *Boll. Soc. Geol. Ital.*, Roma, 55, 1936, p. 341.
(³) *Missione Scient. R. Acc. Italia a Cufra*, Roma, 1, 1935, p. 182.

était ainsi amené à les séparer des calcaires et grès congloméraliques situés plus à l'Est qu'il dénommait *calcari trasgressivi della Creta e dell' Eocene* n'osant les rattacher à l'Éocène. Plus tard, A. Pagni ([3]) étudiant les quelques fossiles récoltés par Desio crut devoir conclure à un âge jurassique. Récemment P. Bellair ([4]) a remis en question l'âge de ces calcaires; il distingue avec raison les formations de croûte indubitablement récentes des calcaires et sables en affleurements tabulaires, mais tend à considérer aussi ces derniers comme quaternaires, ou au plus pliocènes.

Dans une Note récente, en collaboration avec C. Kilian ([5]) nous avons démontré l'âge au moins infra-crétacé du sommet des Grès de Nubie du Messak; les calcaires de Mourzouk qui les surmontent sont donc plus récents. Mais les observations faites vers In-Sif permettent de préciser davantage et de dire que ces formations sont postérieures au Crétacé marin.

D'autre part les observations faites dans le Chati montrent cette formation profondément ravinée par les calcaires à *Cardium edule*, donc notablement plus ancienne que le Quaternaire.

Or, en l'état actuel de nos connaissances, on ne connaît de phases humides nettement marquées en ces régions, postérieurement au Crétacé, que Éocène et Quaternaire. On sait aussi que postérieurement au retrait de la mer éocène du Fezzan, toutes communications hydrographiques avec la mer y ont été définitivement interrompues; le creusement dû à l'érosion ne peut dès lors s'expliquer en dehors de l'action de déblaiement du vent, action nécessairement fort lente. Aussi doit-on admettre que le ravinement des *calcaires de Mourzouk*, déja acquis au Quaternaire, avait commencé longtemps auparavant.

En résumé, malgré l'absence de données paléontologiques démonstratives, je crois qu'on peut considérer les *calcaires de Mourzouk* comme étant d'un même cycle principalement Éocène, et comme pouvant comprendre des formations soit lacustres, soit lagunaires, soit marines liées à la présence de la mer peu profonde au Fezzan Oriental à cette époque.

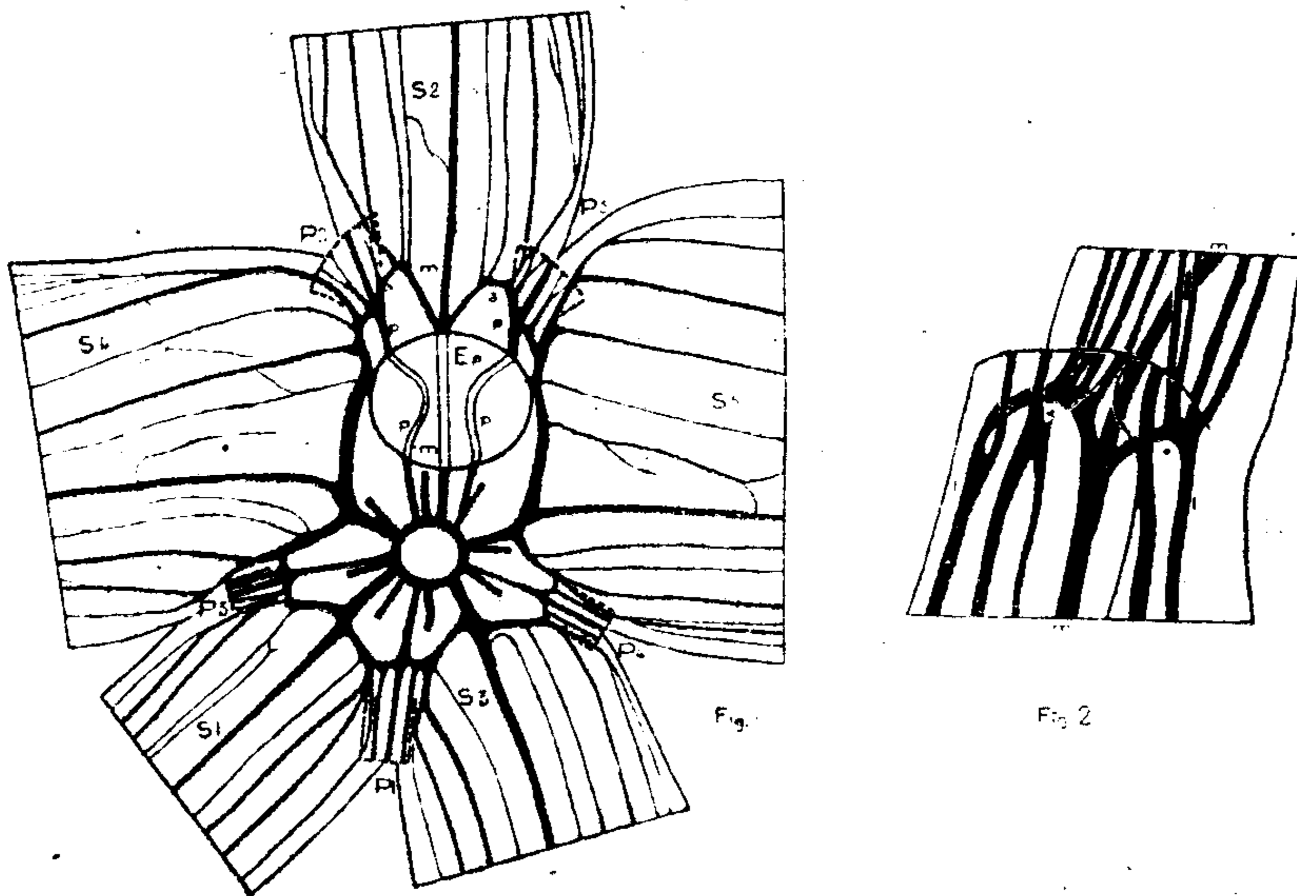
BOTANIQUE. — *L'éperon de la fleur de* Tropæolum majus *L.* Note ([1]) de MM. **Claude Arnal** et **Jean Loiseau**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Deux théories ont été émises sur la nature de l'éperon des *Tropæolum*.

([3]) *Atti Soc. Ital. Sc. Nat.*, Milano, 77, 1938, pp. 73-78.
([4]) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 490.
([5]) *Ibid.*, 222, 1946, p. 233.

([1]) Séance du 12 août 1946.

La première, et la plus ancienne, considère que l'éperon est une dépendance du calice. Les partisans de cette interprétation, en particulier von Freyhold ([2]), se basent généralement sur la position de l'éperon et sur des arguments purement morphologiques. Vuillemin ([3]) tient compte en outre de la nervation. Pour lui, participent à la formation de l'éperon : le sépale postérieur, qui lui fournit la nervure médiane, et les deux pétales postérieurs, qui lui envoient chacun une forte nervure latérale. La seconde hypothèse a été exposée récemment par Farenholtz ([4]) qui décrit l'éperon comme la partie postérieure du réceptacle floral et l'homologue à un disque extra staminal évaginé. Il cite, en particulier, à l'appui de cette interprétation, le travail de Buchenau ([5]) qui est basé sur des arguments tératologiques, sur l'analogie avec les *Pelargonium* et sur le parcours des faisceaux conducteurs. Buchenau montre que l'éperon ne reçoit pas ses nervures directement du calice, mais d'une formation en ceinture située dans le réceptacle. Sur celle-ci, s'insèrent d'une part un grand nombre de nervures qui vont dans le sépale et, d'autre part, trois nervures qui vont dans l'éperon. Il conclut que sépales et pétales prennent naissance au-dessus de cette ceinture, l'éperon au-dessous.



L'étude que nous avons faite de la nervation des pièces florales de *Tropæolum*

([2]) *Nova acta Ac. germ. Leop. Car. nat. cur.*, 39, 1876, p. 1.
([3]) *Journ. de Bot.*, 7, 1893, p. 377; *Comptes rendus*, 161, 1915, p. 297.
([4]) *Tropæolceæ*, in Engler und Prantl, *Nat. Pflanz. Fam.*, 19*a*, 1931, p. 67.
([5]) *Abh. nat. Ver. Bremen*, 5, 1878, p. 599.

majus nous permet de préciser les observations de Buchenau; en outre, la comparaison de l'appareil vasculaire du sépale 2 et de l'éperon avec celui des autres pièces du périanthe et avec celui de la feuille végétative nous a apporté des faits nouveaux pour l'interprétation de l'éperon.

Le sépale 2 possède, à sa base, un plexus vasculaire en forme de V dont la pointe reçoit la nervure médiane *m'* du sépale et la nervure médiane *m* de l'éperon (*fig.* 1). Les deux branches du V reçoivent, dans la région *a, a,* les nervures latérales du sépale; chacune d'elles se relie à la branche postérieure d'un plexus analogue situé à la base des pétales 2 et 5 et à une des nervures latérales *p, p* de l'éperon. Celui-ci, dont on voit s'ouvrir la cavité en E*p,* est donc parcouru par les trois nervures *p, m, p* qui s'insèrent directement sur l'anneau vasculaire du pédoncule. Les sépales inférieurs présentent, à leur base, une disposition vasculaire semblable; les nervures reliant leur plexus à l'anneau vasculaire sont plus courtes du fait de l'absence d'éperon dans cette région. Dans les deux sépales latéraux S4 et S5, nous retrouvons la même disposition un peu modifiée; la branche postérieure du V se trouve étirée du fait d'un élargissement de la base du sépale provoqué par le développement de l'éperon. Les pétales présentent, eux aussi, à la base, un plexus de même configuration générale, mais plus étroit et plus simple : les deux branches du V ne reçoivent chacune qu'une nervure latérale pétalaire. Cette nervure se ramifie d'ailleurs abondamment un peu plus haut. C'est donc l'ensemble de ces plexus sépalaires et pétalaires qui forme la ceinture vasculaire entourant le réceptacle. Elle est rendue irrégulière par l'existence, à son intérieur, de l'éperon.

Si l'on compare maintenant la disposition vasculaire des pièces du périanthe à celle d'une feuille végétative, on peut établir des homologies intéressantes. Tout à fait à la base du pétiole de la feuille, à l'endroit où il s'insère sur la tige, il existe un plexus vasculaire très semblable à celui des sépales et des pétales. Il présente en effet (*fig.* 2) la forme d'un V dont la pointe reçoit la nervure médiane *m'* de la feuille qui se prolonge en *m* dans la tige. Ses branches latérales reçoivent en *a, a* les nervures latérales du pétiole et vont s'anastomoser aux faisceaux *l, l* de la tige que l'on peut homologuer aux faisceaux *p, p* de la figure 1. On retrouve la même disposition dans les feuilles primordiales opposées.

La comparaison du trajet des faisceaux dans les pièces du périanthe montre donc que la ceinture vasculaire décrite par Buchenau est, en fait, constituée par l'association de dix plexus homologues situés chacun à la base d'une pièce du périanthe. De plus, la comparaison avec la feuille végétative montre qu'un plexus analogue existe au niveau de l'insertion du pétiole sur la tige. Ce plexus peut servir de point de repère pour tracer la limite entre la feuille et la tige.

L'éperon floral, qui se trouve en dessous de ce plexus, doit donc être considéré comme une dépendance de la tige et non comme une formation de nature foliaire.

La séance est levée à 15h45m.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 AOUT 1946.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Étude des composés organosodiques.* Note (1) de M. **HENRI DESLANDRES**.

I. Dans ma dernière Note (2), j'ai montré que les composés des atomes les plus lourds, l'uranium et le thorium, sont soumis aux quatre lois simples des spectres moléculaires, vérifiées jusqu'ici sur les composés des atomes plus légers, qui sont les seuls dont le spectre Raman a été jusqu'ici mesuré.

J'avais auparavant annoncé que ces lois s'appliquent à plusieurs isotopes, complexes et combinaisons métalliques, dont les spectres Raman, peu nombreux, ont été publiés pour quelques-uns d'entre eux.

La recherche a été étendue à plus de 700 molécules très différentes par le nombre des atomes et des électrons, et finalement j'ai considéré comme très probable que ces quatre lois sont générales et suivies par la grande majorité des molécules inorganiques et organiques. Mais le nombre total des molécules étudiées par les chimistes est beaucoup plus élevé, et la vérification par le spectre Raman assurément utile, mais non indispensable, au moins dans une première étude. Lorsque la constitution chimique de la molécule est bien déterminée, il est très rare qu'il y ait un désaccord entre les résultats donnés par la formule de constitution seule et les résultats fournis par l'analyse du spectre Raman appuyée sur la formule $\nu = q\,d_1/r's'$ (3).

II. Dans la Note actuelle, j'aborde l'étude des organométalliques, en me bornant aux organosodiques tirés de la Note de Charles Courtot dans le tome V de la *Chimie de Pascal*.

---

(1) Séance du 19 août 1946.

(2) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 57.

(3) Dans cette formule, ν est la fréquence, d_1 la constante universelle 1062,5, déterminée avec précision, s' le nombre d'électrons activés dans le groupe d'atomes considéré; q et r' sont des nombres entiers.

Le premier composé est le méthylsodium CH_3—Na; les nombres s d'électrons activables par sous-anneaux successifs sont 5, 7, 9 et 1, 7, 9, 11. Les nombres s' communs aux deux parties sont 7 et 9.

Le phénylsodium C_6H_5—Na; les nombres s' des deux parties sont 17, 29, 41 et 1, 7, 9, 11. *A priori,* aucun nombre s' n'est commun aux deux parties; mais, comme on l'a montré pour la molécule ClH, les nombres s' des parties se divisent d'eux-mêmes facilement en parties égales. Un multiple de $d_1/17 \times 7$ ou $d_1/17 \times 9$ pourrait convenir, mais le spectre Raman dans ce cas spécial, serait bien utile (¹).

Le composé $C_6H_5-CH_2$.Na; les nombres s' d'électrons activables dans les deux parties sont 27, 19, 41 et 5, 13, 17 et 19. Le nombre s' 17 est commun aux deux parties et la même fréquence leur est assurée.

Le composé C_6H_5—ONa; les nombres s' sont 17, 29, 41 et 5, 13, 17, 19. Le nombre s' 17 leur est aussi commun.

Le composé $(C_6H_5)_3$—CH_2.Na offre 4 fois le nombre s' 17.

Le composé $(C_6H_5)_2$—C.NaH; 4 fois le nombre s' 17, l'atome H isolé étant multiplié par 17.

Le fluorène sodium F—Na; les nombres s' d'électrons activables sont 5, 7, 9 et 1, 7, 9, 11, les nombres 5 et 7 étant communs.

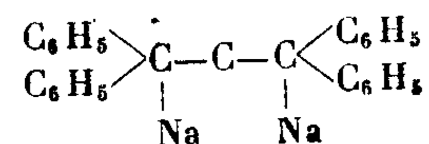
Le composé C_6H_5—C.Cl$<^{CH_3}_{CH_3}$; les nombres s' sont 17, 29, 41 et 2, 5, 5, 5. On a deux nombres s' 17.

Le composé C_6H_5—C(K)$<^{CH_3}_{CH_3}$; les nombres s' sont 17, 19, 41 et 6, 9, 7, 7, avec les nombres communs 29 et 29.

Le composé NaC—CNa est formé de deux parties identiques, chacune avec 19 électrons.

Le cyanure de benzile C_6H_5—CN.CN.Na; les nombres s' d'électrons activables sont 17, 29, 41 et 9, 21, 29 et 31. On a deux parties de 29 électrons.

Le composé

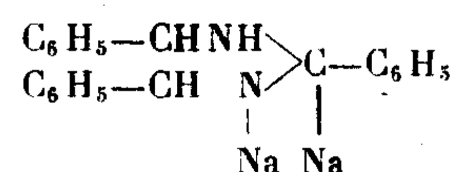


formé de deux parties identiques réunies par un atome de carbone.

(¹) La Note du 14 décembre 1942 présente les 4 types principaux des atomes et des nombres El d'électrons qui, dans les molécules, assurent l'émission d'une fréquence, à savoir : 1° le type A^2 ou A^n, El^2 ou El^n qui est fréquent; 2° le type El^n — El^p, le nombre entier p étant un sous-multiple du nombre entier n; 3° le type El^1 × El^2; 4° El^1 — El^2. La lettre A désigne les électrons d'un atome, la lettre El les électrons d'un groupe d'atomes, le nombre El^1 étant différent du nombre El^2.

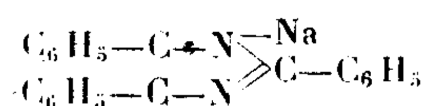
Le composé $CH_3.CO—CH.Na—OC.H_3C$ formé de deux parties identiques CH_3CO réunis par CH.Na dont les nombres s' d'électrons activables sont 3, 5, 7 et 1, 7, 9, 11, avec le nombre 7 qui leur est commun.

L'amarine qui additionne deux atomes alcalins



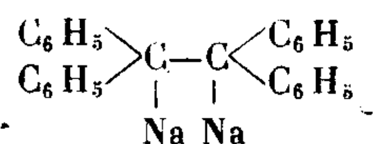
On a trois C_6H_5 (17, 29, 41) et $C_3N_2H_3Na_2$ avec 29 électrons qui s'ajoutent aux trois 29 de C_6H_5.

Le composé



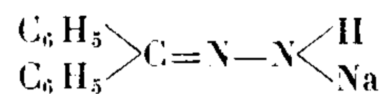
C_3N_2Na ou $12 + 10 + 7 = 29$. On a 4 fois 29 électrons.

Le composé



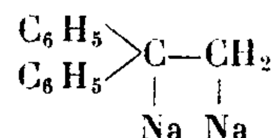
divisible en deux parties identiques.

Le composé



$CN_2HNa = 6 + 14 + 12$ électrons. On a d'un côté 32 électrons et de l'autre, avec $(C_6H_5)_2$, 34 électrons. Avec 33 électrons de 32^- et 34^+, l'égalité des électrons des deux parties est possible.

Le composé

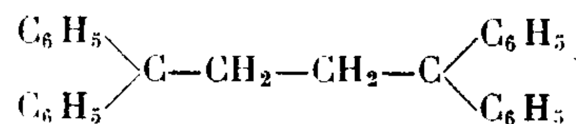


On a d'un côté 34 électrons et de l'autre aussi 34, si CNa et CH_2Na ont l'un et l'autre 17 électrons, ce qui est possible.

Le composé $(C_6H_5)_3—CN_2ONa$, avec la seconde partie, peut avoir $6 + 10 + 6 + 7$ électrons ou 29 électrons ainsi que C_6H_5.

L'aniline $C_6H_5NH_2$ échange un atome d'hydrogène avec le sodium et l'on a le composé $C_6H_5NH.Na$; or, NH.Na a $8 + 9$ ou 17 électrons comme C_6H_5.

Le composé



forme de deux parties identiques.

Les 20 composés précédents sont inférieurs en nombre aux composés cités dans le Mémoire de Courtot; mais ce dernier annonce que plusieurs composés

de son Mémoire n'ont pas été étudiés complètement au point de vue chimique, et que la constitution présentée n'est pas certaine. Aussi, dans la Note actuelle, j'ai présenté surtout les molécules qui ont été obtenues cristallisées. Aucune n'est accompagnée d'un spectre Raman, qui n'est plus considéré comme indispensable, mais qui n'est pas négligeable, car deux bonnes preuves à l'appui des lois présentées valent mieux qu'une seule.

Dans des Notes ultérieures, j'aborderai l'étude des molécules organomagnésiennes.

MICROBIOLOGIE. — *Sur les propriétés antibiotiques des solutions de pénicilline formolées; leur stabilité. Conséquences.* Note ([1]) de MM. **Gaston Ramon** et **Rémy Richou**.

Déjà, à propos de nos recherches sur les filtrats de culture de *Penicillium notatum*, nous avons signalé ([2]) que la plupart des auteurs et les auteurs français en général admettent l'instabilité des solutions de pénicilline et leur grande sensibilité à la chaleur. C'est ainsi, par exemple, que René Martin, Nitti, Sureau et Berrod ([3]) indiquent, dans leur ouvrage récent, que la conservation de la pénicilline est difficile; ses solutions diluées doivent être gardées à la glacière et employées dans les 24 heures qui suivent leur préparation. D'après ces mêmes auteurs, *la pénicilline en solution est détruite à* 60° *et altérée à une température bien moindre*, et, en conséquence, ils recommandent d'utiliser pour les injections *une seringue bien refroidie*, après sa stérilisation à l'étuve. D'un autre côté, il est unanimement admis que la pénicilline en solution est facilement détruite par la pénicillinase élaborée par des germes banaux qui peuvent accidentellement la souiller; aussi reconnait-on la nécessité de la préserver des contaminations toujours possibles, par des manipulations aseptiques, les antiseptiques étant à proscrire, car ils pourraient, eux aussi, altérer la pénicilline.

Dans des expériences en grande partie calquées sur celles que nous avons effectuées antérieurement en utilisant les filtrats de culture du *Penicillium notatum* ([4]), nous avons étudié le pouvoir antibiotique des solutions de pénicilline, son comportement à l'égard du formol et de la chaleur et sa stabilité en fonction du temps et dans différentes conditions de conservation.

Pour ces expériences, nous nous sommes servis de solutions dans l'eau physiologique, de pénicillinate de sodium ou de calcium pour usage thérapeutique, renfermant soit 100, soit 1000 unités de pénicilline par centimètre cube.

([1]) Séance du 19 août 1946.

([2]) G. Ramon, R. Richou et Jean Ramon, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 772.

([3]) *La Pénicilline* (Collection de l'Institut Pasteur, 1945).

([4]) G. Ramon, R. Richou et Jean Ramon, *loc. cit.*

C'est avec intention que nous avons utilisé des solutions de pénicilline de faible concentration afin que notre expérimentation soit plus rigoureuse, afin aussi que les résultats soient comparables à ceux que nous avons obtenus avec les filtrats de penicillium de faible teneur en pénicilline.

De l'ensemble de nos recherches, dont tous les détails expérimentaux seront donnés ailleurs ([5]), il ressort que les propriétés antibiotiques des solutions de pénicilline sont plus résistantes à l'égard de certains agents physiques ou chimiques qu'on ne l'a admis jusqu'ici, en France notamment.

Le formol à dose convenable (0,03 à 0,1 de la solution commerciale d'aldéhyde formique pour 100 de solution de pénicilline) ne modifie pas sensiblement le pouvoir antibiotique de la pénicilline purifiée en solution. Le pouvoir antibiotique n'est pas atteint davantage lorsque l'on soumet la solution de pénicilline, préalablement formolée, au chauffage à 55° et même à 80°, durant une demi-heure.

Les solutions de pénicilline traitées par le formol seul au taux indiqué ci-dessus, ou par le formol et la chaleur (55° par exemple) simultanément, font preuve d'une stabilité relativement grande dans le temps; elles peuvent être gardées ainsi, sans risque de souillure microbienne, et sans perte notable de leurs propriétés antibiotiques durant près de trois mois (limite de nos observations actuelles) à la chambre froide (+ 2°, + 4°) et pendant un mois à la température ordinaire (15 à 20°).

De ces constatations expérimentales peuvent être tirées diverses conséquences capables de conduire, sous réserve de certaines vérifications cliniques, à des applications d'un intérêt pratique indéniable.

D'une part, la possibilité d'ajouter aux solutions de pénicilline, du formol, et d'adjoindre, dans certains cas, à l'action antiseptique de celui-ci, l'effet synergique de la chaleur ([6]), fournit le moyen d'assurer la stérilité de ces solutions, sans compromettre leur action antibiotique, soit au cours de leur préparation, soit lors de leur emploi; elle permet, en particulier, de les protéger contre les contaminations éventuelles et si redoutées, par des germes élaborateurs de la pénicillinase destructrice des propriétés antibiotiques de la pénicilline; elle donne, en outre, des facilités pour la réalisation technique de nouvelles formules médicamenteuses à base de pénicilline (brute ou purifiée), utilisables principalement dans le traitement local de diverses infections, chez l'homme et chez les animaux domestiques.

([5]) Voir en particulier G. RAMON, R. RICHOU et JEAN RAMON, *Revue d'Immunologie et de Thérapie antimicrobienne*, 10, 1946 (sous presse).

([6]) Rappelons à nouveau ici que le formol et la chaleur agissant simultanément sont employés depuis trente ans, à l'instigation de l'un de nous, pour la conservation de la pureté bactériologique des sérums thérapeutiques. Voir à cet égard *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 265 et 635.

D'un autre côté, la durée de conservation, à la chambre froide et à la température ordinaire, des solutions de pénicilline formolées représente des délais suffisants pour leur préparation, leur manutention, leur expédition et enfin leur usage en dehors des hôpitaux et des centres spécialisés.

Ainsi, le domaine de la pénicillinothérapie pourra être étendu encore et sa diffusion accrue.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Maurice Parodi. *Principes de réception sous-marine dirigée.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les différences divisées et la formule de Lagrange.* Note de M. **Nikola Obrechkoff**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $f(x)$ une fonction de la variable x, définie pour $x > a$ qui admet la dérivée $f^{(n)}(x)$. S'il existe une suite infinie $y_1, y_2, \ldots, y_n, \ldots$, et un nombre entier positif $m(0 \leqq m < n)$, tel que $\lim_{\lambda \to \infty}[f(y_\lambda)/y_\lambda^m] = A$ existe, posons

$$g(f;\, x_0, x_1, \ldots, x_n) = \sum_{i=0}^{n} \frac{f(x_i)}{F'(x_i)}, \qquad F(x) = \prod_{i=0}^{n} (x - x_i).$$

Alors, dans le cas où l'intégrale $\int_0^\infty u^{n-m-1}\,|f^{(n)}(u+x)|\,du$ est convergente pour $x > a$, nous démontrons la formule nouvelle

$$(1)\quad \begin{cases} g(f;\, x_0, x_1, \ldots, x_m) = A + \dfrac{(-1)^{n-m}}{(n-m-1)!} \displaystyle\int_0^1 dt_1 \int_0^{t_1} dt_2 \ldots \int_0^{t_{m-1}} \varphi(\omega)\, dt_m, \\ \varphi(x) = \displaystyle\int_0^\infty u^{n-m-1} f^{(n)}(u+x)\, du, \qquad \omega = x_m t_m + x_{m-1}(t_{m-1} - t_m) + \ldots + x_0(1 - t_1) \end{cases}$$

pour tous les nombres $x_0, x_1, \ldots, x_m$ plus grands que a. En effet, d'après une formule de M. Paul Montel ([1]), on a

$$g(f;\, x_0, x_1, \ldots, x_n) = \int_0^1 dt_1 \int_0^{t_1} dt_2 \ldots \int_0^{t_{n-1}} f^{(n)}(\Omega)\, dt_n,$$

$$\Omega = x_n t_n + x_{n-1}(t_{n-1} - t_n) + \ldots + x_0(1 - t_1).$$

On peut extraire de la suite y_n une suite infinie partielle $z_1, z_2, \ldots, z_n, \ldots$,

([1]) *Journ. math.*, **16**, 1937, pp. 219-231.

telle que $z_{n+1}/z_n \to \infty$ pour $n \to \infty$. Posons $x_{m+1} = z_\lambda, x_{m+2} = z_{\lambda+1}, \ldots, x_n = z_{\lambda+p}$ et désignons par I_f le produit

$$I_f = (-1)^{p+1} z_\lambda z_{\lambda+1}, \ldots z_{\lambda+p} g(f;\, x_0, x_1, \ldots, x_m, x_{m+1}, \ldots, x_n) \qquad (p = n - m - 1).$$

Pour I_f, on a l'expression suivante

$$I_f = \sum_{i=0}^{m} \mathfrak{M}_i + \sum_{s=0}^{p} \mathfrak{N}_s, \qquad \mathfrak{M}_i = (-1)^{p+1} \frac{x_{m-1}, \ldots, x_n}{F'_1(x_i)\Phi_1(x_i)}, \qquad \mathfrak{N}_s = (-1)^{p+1} \frac{x_{m+1}, \ldots, x_n}{F_1(z_{\lambda+s})\Phi'_1(z_{\lambda+s})},$$

$$F_1(x) = \prod_{i=0}^{m} (x - x_i), \qquad \Phi_1(x) = \prod_{s=0}^{p} (x - z_{\lambda+s}).$$

Mais on démontre facilement les égalités suivantes :

$$\lim_{\lambda \to \infty} \mathfrak{M}_i = \frac{f(x_i)}{F'_1(x_i)}, \qquad \lim_{\lambda \to \infty} \mathfrak{N}_0 = -A, \qquad \lim_{\lambda \to \infty} \mathfrak{N}_s = 0, \qquad s > 0.$$

Donc on aura

$$\lim_{\lambda \to \infty} I_f + = \sum_{i=0}^{m} \frac{f(x_i)}{F'_1(x_i)} - A = g(f;\, x_0, x_1, \ldots, x_m) - A.$$

D'autre part, en faisant le changement de variables

$$u_1 = t_{m+1}(x_{m+1} - x_m),\ u_2 = t_{m+2}(x_{m+2} - x_{m+1}),\ \ldots,\ u_{n-m} = t_n(x_n - x_{n-1}),$$

on démontre aisément que le produit

$$I_f = (-1)^{n-m} z_\lambda z_{\lambda+1}, \ldots z_{\lambda+p} \int_0^1 dt_1 \int_0^{t_1} dt_2 \ldots \int_0^{t_{n-1}} f^{(n)}(\Omega)\, dt_n$$

tend vers l'expression

$$(-1)^{n-m} \int_0^1 dt_1 \int_0^{t_1} dt_2 \ldots \int_0^{t_{m-1}} dt_m \int_0^{\infty} \ldots \int_0^{\infty} f^{(n)}(\omega)\, du_1, du_2, \ldots, du_{n-m},$$

$$\omega = u_1 + u_2 + \ldots + u_{n-m} + \omega', \quad \omega' = x_m t_m + x_{m-1}(t_{m-1} - t_m) + \ldots + x_0(1 - t_1)$$

en supposant que l'intégrale

$$\psi(x) = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \ldots \int_0^{\infty} f^{(n)}(u_1 + u_2 + \ldots + u_{n-m} + x)\, du_1, du_2, \ldots, du_{n-m}$$

soit absolument convergente. La convergence absolue de cette intégrale découle de la convergence de l'intégrale $\int_0^{\infty} u^{n-m-1} |f^{(n)}(u + x)|\, du$, et l'on a

$$\psi(x) = \frac{1}{(n-m-1)!} \int_0^{\infty} u^{n-m-1} f^{(n)}(u + x)\, du.$$

Ainsi le théorème est démontré.

En posant $x_0 = x_1 = \ldots = x_m = x$ dans (1), on obtient la formule

$$f^{(m)}(x) = m!\,A + \frac{(-1)^{n-m}}{(n-m-1)!} \int_0^{\infty} u^{n-m-1} f^{(n)}(n + x)\, du.$$

De la formule (1), on déduit immédiatement la formule de Lagrange

$$f(x)=\sum_{i=1}^{m}\frac{f(x_i)\,\Phi(x)}{(x-x_i)\,\Phi'(x_i)}+\mathrm{A}\,\Phi(x)+\mathrm{R}_m,\qquad \Phi(x)=\prod_{i=1}^{m}(x-x_i)$$

$$\mathrm{R}_m=\frac{(-1)^{n-m}\Phi(x)}{(n-m-1)!}\int_0^1 dt_1\int_0^{t_1}dt_2\ldots\int_0^{t_{m-1}}\varphi(\omega')\,dt_m,$$

$$\omega'=x_m t_m+x_{m-1}(t_{m-1}-t_m)+\ldots+x(1-t_1).$$

En particulier, si $x_1=x_2=\ldots=x_m$, on a la formule de Taylor

$$f(x)=\sum_{\nu=0}^{m-1}\frac{(x-x_1)^\nu}{\nu!}f^{(\nu)}(x_1)+\mathrm{A}(x-x_1)^m+\mathrm{R}'_m,$$

$$\mathrm{R}'_m=\frac{(-1)^{n-m}(x-x_1)^m}{\Gamma(m)\Gamma(n-m)}\int_0^1 dt_1\,t_1^{m-1}\int_0^\infty u^{n-m-1}f^{(n)}[u+x_1t_1+x(1-t_1)]\,du.$$

On peut obtenir de la même manière des formules analogues pour les fonctions analytiques et holomorphes dans un angle et leurs dérivées.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la définition des fonctions harmoniques d'ordre infini.* Note de M. **Pierre Lelong**, présentée par M. Paul Montel.

Les fonctions harmoniques d'ordre infini ont été introduites par N. Aronszajn (¹) comme une extension des fonctions polyharmoniques d'ordre fini; elles constituent une classe de fonctions analytiques dans l'espace R^p des p variables réelles (x_k). Je partirai de la définition suivante qui est formellement moins restrictive que la définition primitive et n'impose qu'une limitation en moyenne de $|\Delta^{(n)}(f, x_k)|$, $\Delta^{(n)}(f, x_k)$ désignant le laplacien itéré d'ordre n de la fonction $f(x_k)$:

Définition. — *La fonction $f(x_k)$ est dite harmonique d'ordre infini sur l'ensemble ouvert* D *si*

(α) *$f(x_k)$ est indéfiniment dérivable dans* D.

(β) *sur tout compact* $\mathrm{G}\subset\mathrm{D}$, *on a, en posant* $\mu_n(\mathrm{G})=\int_{\mathrm{G}}|\Delta^{(n)}(f, x_k)|\,d\tau$,

$$\lim\left[\frac{\mu_n(\mathrm{G})}{(2n)!}\right]^{\frac{1}{n}}=0.$$

A partir de cette définition, on démontre :

Théorème 1. — *Soit* $\mu'_n(\mathrm{G})=\max.|\Delta^{(n)}(f, x_k)|$ *pour* $(x_k)\in\mathrm{G}$; *la condition* (β) *entraîne*

$$(\beta')\qquad \lim\left[\frac{\mu'_n(\mathrm{G})}{(2n)!}\right]^{\frac{1}{n}}=0,$$

(β') est la condition de définition posée par M. N. Aronszajn.

(¹) *Acta Mathematica*, 65, 1935, p. 126; *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 17.

Le passage de (β) à (β') utilise un développement auxiliaire obtenu en développant d'abord $f(x_k)$ par la formule de Green dans un domaine D_t à frontière régulière, dépendant d'un paramètre $t(0 \leqq t \leqq h)$ et tel qu'on ait $G \subset D_0 \subset D_h \subset D$, D_t croissant avec t, puis en intégrant par rapport à t. Le développement auxiliaire obtenu converge uniformément d'après (β) sur tout compact de $\mathcal{C}^p$, espace des x_k complexes, et ses termes sont majorables en module en fonction des $\mu_n(D_h)$. En le dérivant terme à terme, on obtient (β') et plus généralement

$$\lim \left[\left| \frac{\partial^\alpha \Delta^n (f, x_k)}{(2n)!} \right| \right]^{\frac{1}{n}} = 0;$$

∂^α étant une dérivée partielle quelconque d'ordre α fini. Appelons *cellule complexe associée* à $D \subset \mathcal{R}^p$ la composante $H(D)$ de l'ensemble $\mathcal{C}^p - \Sigma V_P$ qui contient D, ΣV_P étant la réunion des cônes isotropes de sommet P obtenus quand P parcourt la frontière de D. D'après (β') et (γ), le développement de Green de $f(M)$ converge uniformément sur tout compact de $\mathcal{C}^p$ et représente une fonction holomorphe dans H(D); une fonction harmonique d'ordre infini dans $D \subset \mathcal{R}^p$ est donc holomorphe dans $H(D) \subset \mathcal{C}^p$.

Cellule complexe cerclée. — La cellule H(D) contient un noyau cerclé S(D) défini par l'une des deux propriétés *a* ou *b*, équivalentes :

a. S(D) *est le plus grand domaine de* $\mathcal{C}^p$ *tel que* : 1° $D \subset S(D)$; 2° $S(D) \subset \mathcal{C}^p - \Sigma V_P$, P *parcourant la frontière de* D; 3° S(D) *contient en même temps que le point* $M(x_k = x'_k + ix''_k)$ *les points de la variété* $y'_k = x'_k$, $\Sigma y''^2_k = \Sigma x''^2_k$.

b. S(D) *est obtenu en associant à chaque point* $M \in D \subset \mathcal{R}^p$ *une sphère de l'espace* $\mathcal{R}'^p (\mathcal{C}^p = \mathcal{R}^p \mathcal{R}'^p)$ *de centre origine et de rayon* $\delta(M)$ *égal à la distance de* M *à la frontière de* D.

Dans la cellule cerclée S(D), tout cercle γ^q à q dimensions $(0 \leqq q \leqq 2p)$ est réductible à un cycle dans D [en particulier une fonction harmonique d'ordre infini uniforme dans D est encore uniforme dans S(D)].

La définition donnée dans cette Note permet d'établir ([2]) :

Théorème 2. — *Si* $f(x)$ *est indéfiniment dérivable dans le domaine* $D \subset \mathcal{R}^p$ *et satisfait dans* D *aux conditions*

$$(-1)^n \Delta^n(f, x_k) \geqq 0 \qquad (n = 1, 2, \ldots),$$

$f(x_k)$ *est harmonique d'ordre infini dans* D, *donc est analytique dans* D *et holomorphe dans la cellule* $H(D) \subset \mathcal{C}^p$.

La démonstration établit d'abord qu'on a $\mu_n(G) < k^n(G)$, $k(G)$ fini, pour tout compact $G \subset D$.

Le théorème 2 constitue une extension aux fonctions de p variables d'un résultat obtenu récemment par D. V. Widder ([3]) pour les fonctions d'une

---

([2]) La démonstration sera publiée dans le *Duke Mathematical Journal*, 1946.

([3]) *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.*, **26**, 1940, p. 657, et *Trans. Amer. Math. Soc.*, 51, 1942, pp. 387-398.

variable, d'après lequel une fonction $f(x)$ indéfiniment variable pour laquelle $(-1)^n f^{(2n)}(x) \geq 0$ pour $a < x < b$ est nécessairement une fonction entière. On remarquera en effet que dans le cas d'une seule variable, la classe des fonctions harmoniques d'ordre infini coïncide avec la classe des fonctions entières dans $\mathcal{C}^1$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Les effets thermiques provoqués par le déplacement rapide d'un solide dans un brouillard.* Note (1) de M. **Edmond Brun**, présentée par M. Henri Villat.

1. Dans une Note précédente (2) ont été rapportées des observations de brouillards dans la soufflerie supersonique de Bellevue. Des mesures de température, effectuées avec M. Plan dans ces brouillards, ont montré que les effets thermiques provoqués par le déplacement relatif du solide et du brouillard diffèrent, quoique assez peu, de ceux que provoque le déplacement d'un solide dans de l'air clair.

2. Le calcul exact des effets thermiques dans le brouillard paraît impossible : au voisinage du solide, l'évolution de la température provoquée par les variations de pression dans l'écoulement potentiel et le frottement visqueux dans la couche limite est trop rapide pour que, d'une part, les gouttelettes d'eau soient à chaque instant à la température de l'air ambiant et que, d'autre part, l'air au voisinage des gouttelettes puisse être considéré comme saturé.

3. Supposons maintenant que les gouttelettes soient assez petites pour que les conditions précédentes soient satisfaites. Supposons, en outre, que la masse d'eau liquide par unité de volume soit assez grande pour que, malgré son échauffement, l'air ne cesse jamais d'être brumeux. Les valeurs des températures locales sur la surface du solide s'obtiendront alors, avec une bonne précision, par des calculs analogues à ceux que l'on effectue pour l'air clair (3), en remplaçant toutefois la chaleur spécifique de l'air sec par la chaleur spécifique de l'air maintenu saturé, toujours plus élevée que la première.

La différence entre les deux chaleurs spécifiques est faible aux basses températures (0,28 au lieu de 0,24 pour un brouillard d'eau surfondue à —20°C.). Elle devient importante déjà à 0° (0,40 au lieu de 0,24) et augmente de plus en plus vite avec la température. Puisque l'écart entre une température locale du solide et la température du fluide au loin est, toutes choses égales d'ailleurs, inversement proportionnel à la chaleur spécifique (*loc. cit.*), les effets thermiques du mouvement sont toujours plus faibles dans un brouillard que dans l'air clair. A une température moyenne de 0°, ils seraient réduits dans la proportion de 3 à 5.

(1) Séance du 12 août 1946.
(2) Edmond Brun et Max Plan, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 351.
(3) Edmond Brun, *La Technique moderne*, 1er et 15 janvier, p. 5.

4. Dans la réalité, on peut prévoir que les températures locales seront comprises entre les valeurs que donne le mode de calcul précédent et celle que l'on aurait si l'air était clair. Effectivement, les observations faites dans les veines supersoniques s'interprètent qualitativement bien par les considérations précédentes qui ont leur importance pour l'explication du givrage des avions aux grandes vitesses.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *L'équation de Boltzmann pour les mélanges.* Note ([1]) de M. **Michel Kiveliovitch**, présentée par M. Henri Villat.

Considérons un mélange composé de n gaz. Dans une unité de volume à la température T le gaz d'ordre i contient ν_i molécules de masse m_i et sa fonction de distribution est $\nu_i f_i$. Soient X_i, Y_i, Z_i les composantes des forces extérieures par unité de masse qui agissent sur les molécules m_i.

L'équation de Boltzmann pour chacun de ces gaz serait ([2])

$$(1)\qquad \frac{d_i}{dt}(\nu_i f_i) = \sum_{j=1}^{n} \iiiint\!\!\!\int [f_i' f_j' - f_i f_j]\, \nu_i \nu_j \mathcal{V} b\, db\, d\varepsilon\, dU_j\, dV_j\, dW_j.$$

$$\left(\frac{d_i}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \sum_{xyz} U_i \frac{\partial}{\partial x} + \sum_{xyz} X_i \frac{\partial}{\partial U_i}\right).$$

A l'état stationnaire on doit avoir

$$\sum_{xyz} U_i \frac{\partial(\nu_i f_i)}{\partial x} + \sum_{xyz} X_i \frac{\partial(\nu_i f_i)}{\partial U_i} = 0.$$

On trouve la solution

$$f_i^0 = \left(\frac{k m_i}{\pi}\right)^{\frac{3}{2}} e^{-k m_i \Sigma_i (U_i - u_0)^2},$$

$$2k = \frac{1}{RT}; \qquad \frac{\partial u_0}{\partial x} = \frac{\partial v_0}{\partial y} = \frac{\partial w_0}{\partial z} = \frac{\partial u_0}{\partial y} + \frac{\partial v_0}{\partial x} = \frac{\partial u_0}{\partial z} + \frac{\partial w_0}{\partial x} = \frac{\partial v_0}{\partial z} + \frac{\partial w_0}{\partial y} = 0$$

$$\nu_i = \nu_i^0\, e^{-2k m_i \psi_i(x, y, z)}$$

si les forces (X_i, Y_i, Z_i) dérivent d'un potentiel ψ_i et

$$(1)\qquad p = \frac{1}{2k} \sum_i \nu_i = \frac{\nu}{2k},$$

$$(2)\qquad \rho = \sum_i m_i \nu_i.$$

Cas non stable. — En utilisant la méthode de résolution de l'équation de Boltzmann pour le cas non stable ([3]), on trouve en première approximation pour tout le mélange les cinq équations adjointes :

([1]) Séance du 12 août 1946.

([2]) Voir Boltzmann, *Leçons sur la théorie des gaz*, **1**, 1902, p. 107.

([3]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1273.

a. l'équation de continuité $(d_0 \mathrm{Log}\rho/dt)+\theta=0$ valable pour toutes les approximations;

b. les équations du mouvement d'un fluide parfait

$$\mathrm{P}=\rho\frac{d_0 u_0}{dt}-\rho\mathrm{X}-\frac{\partial p}{\partial x}=0$$

et deux analogues en y et z; p et ρ satisfont aux équations (1) et (2) et

$$\sum_i m_i\nu_i\mathrm{X}_i=\rho\mathrm{X};$$

c. l'équation de Poisson $p^3\rho^{-5}=\text{const.}$

En deuxième approximation on obtient les trois équations du mouvement d'un fluide visqueux

$$\mathrm{P}-\frac{\partial}{\partial x}(\varkappa a_{xx})-\frac{\partial}{\partial y}(\varkappa a_{xy})-\frac{\partial}{\partial z}(\varkappa a_{xz})=0.$$

$\varkappa=\frac{1}{2k}\sum_i \mathrm{A}(m_i)\nu_i$ étant l'analogue du coefficient de viscosité et enfin l'équation d'énergie dissipée

$$\frac{p}{\rho}\frac{d_0}{dt}[\mathrm{Log}(p^3\rho^{-5})]=\sum_{xyz}\varkappa(a_{xx}^2+a_{xy}^2)+\frac{5}{4}\mathcal{R}\sum_{xyz}\frac{\partial}{\partial x}\left(\theta\frac{\partial\mathrm{T}}{\partial x}\right),\qquad\left(\theta=\frac{1}{2k}\sum_i\frac{\mathrm{B}(m_i)\nu_i}{m_i}\right),$$

θ est proportionnelle au coefficient de conductibilité; $\mathrm{A}(m_i)$ et $\mathrm{B}(m_i)$ fonctions de m_i.

On peut donc remplacer le mélange par un fluide fictif de densité moléculaire $\nu=\Sigma\nu_i$, la pression et la densité définies par les équations (1) et (2) et dont la fonction de distribution à l'état stationnaire est

$$\mathrm{F}_0=\nu\sum_i\frac{\nu_i}{\nu}\left(\frac{km_i}{\pi}\right)^{\frac{3}{2}}e^{-km_i\Sigma(\mathrm{U}-u_0)^2}.$$

Pour l'état non stable on applique la méthode d'approximations successives.

Cas particulier. — Les masses moléculaires des gaz composants sont des multiples entiers d'une masse m : $m_i=im$ et la densité moléculaire du gaz d'ordre i est $\nu_i=[e^{-i\alpha}/(ki)^{3/2}]$, où α est déterminé par

$$\nu=\sum_i\nu_i=\sum_i\frac{e^{-i\alpha}}{(ki)^{\frac{3}{2}}};$$

dans ce cas la fonction de distribution devient

$$\mathrm{F}=\mathrm{A}\nu\sum_i e^{-i\alpha-ikmc^2}=\mathrm{A}\nu\frac{e^{-\alpha-kmc^2}}{1-e^{-\alpha-kmc^2}}\qquad(\mathrm{A}=\text{const.}),$$

et l'on trouve la statistique de Bose-Einstein.

ACOUSTIQUE. — *Étude de la vitesse des ultrasons dans les fluides au voisinage du point critique.* Note ([1]) de M. **Jack Noury**, présentée par M. Paul Langevin.

J'ai réalisé un dispositif permettant d'étudier la vitesse de propagation des ultrasons dans les liquides et les gaz comprimés, par la méthode de la diffraction de la lumière par les ondes ultrasonores ([2]).

Voici les résultats expérimentaux qui ont été obtenus, avec un quartz oscillant de 4^{mm} d'épaisseur dans de l'anhydride carbonique impur.

t (°C).	p (atm).	N (kc).	V_m (m/s).	Précision (%).
11	57	763	420	3
13	58,5	–	412	
15	60	–	396	
17	62	–	374	
19	64	–	352	
21	67	–	330	
23	74	733	288	
27	79	732	237	
29	83	–	198	4
30	84	691	180	6
32	89	724,5	198	6

On voit que la vitesse du son décroît notablement à mesure que la pression et la température augmentent.

Pour des raisons dues à la guerre, je n'ai pu utiliser que du gaz carbonique fabriqué dans l'industrie, et dont l'analyse volumétrique a donné la composition suivante : CO_2 95 %, N_2 4,25 %; CO 0,35 %, O_2 0,5 %.

Vu la difficulté de faire des observations lorsque CO_2 est au point critique, on peut comparer l'expérience et la théorie en calculant V au voisinage de ce point.

Par exemple $t = 27°$C. et $p = 79$ atm.

L'application de l'équation de van der Waals donne un coefficient d'élasticité isothermique pour le CO_2 de 33.10^6 C. G. S.

D'où la vitesse dans le gaz carbonique pur, compte tenu du rapport $C/c = 2,20$ obtenu d'après le calcul de J. C. Hubbard et H. Hodge ([3]) et des données numériques de Amagat,

$$V_1 = 226 \text{ m : s.}$$

Pour le mélange, utilisons la relation indiquée par Wood ([4]) pour un composé binaire, en considérant toutes les impuretés (CO, N_2, O_2) comme un

([1]) Séance du 25 février 1946.

([2]) R. Lucas et P. Biquard, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2132.

([3]) *J. of Chemical Physics*, 5, 1937, p. 978.

([4]) A. Wood, *Acoustics*, London and Glasgow, 1943.

seul composant

$$V_m=\sqrt{\frac{E_m}{\rho_m}}=\sqrt{\frac{E_1 E_2}{[E_2 x+(1-x)E_1]\left[\frac{x}{v_1}+\frac{1-x}{v_2}\right]}}$$

$[E_1, E_2, v_1, v_2, x, (1-x)$ étant respectivement les coefficients d'élasticité adiabatiques, les volumes spécifiques et les titres des deux composants$]$

$$V_m = 202 \text{ m : s.}$$

L'expérience fournit 237 m : s.

Herget ([5]), utilisant un interféromètre acoustique, a obtenu des résultats dont je n'ai eu connaissance que très récemment; au point critique il trouve

$$V = 150 \text{ m : s.}$$

Ces résultats montrent que la compressibilité adiabatique conserve une valeur finie que prévoit la thermodynamique.

ÉLECTRICITÉ. — *De la force exercée par un champ magnétique sur un élément de courant.* Note ([1]) de M. **Émile Brylinski.**

Un champ d'induction magnétique $\mathcal{B}$ exerce sur un élément de courant électrique $i\,dl$ une force f dont l'expression est

(1) $$f=[\mathcal{B}\wedge i\,dl]=[\mu\mathcal{H}\wedge i\,dl].$$

Quelle est la perméabilité magnétique μ qui intervient dans cette formule? On raisonne habituellement sur des courants filiformes (de dimensions transversales nulles), de sorte que μ est la perméabilité du milieu ambiant. Mais il n'y a pas, dans la réalité, de courants filiformes, et il semblerait plus naturel de prendre pour μ la perméabilité du conducteur du courant.

Pour trancher la question, envisageons un cas dont la simplicité laissera à la solution toute sa généralité.

Considérons deux conducteurs amagnétiques rectilignes indéfinis, parallèles, à la distance r l'un de l'autre, parcourus par un même courant i, de sorte qu'ils constituent un circuit se fermant à l'infini, et placés dans le vide. Chacun des conducteurs exercera sur l'autre une force dirigée vers cet autre, pour laquelle l'application de l'équation (1) donne immédiatement l'expression

(2) $$f=2\mu\frac{l}{r}i^2.$$

Si, sous l'effet de cette force, les conducteurs s'écartent de dr, il y aura production d'un travail

(3) $$f\,dr=2\mu\frac{l}{r}i^2\,dr,$$

([5]) *J. of Chemical Physics*, 8, 1940, p. 537.

([1]) Séance du 19 août 1946.

en même temps qu'une variation d'énergie magnétique $(1/2)d(Li^2)$, en désignant par L l'inductance propre du circuit.

Afin d'éviter l'intervention d'une énergie étrangère qui nécessiterait l'effet Joule, nous supposerons les conducteurs sans résistance, de sorte que l'on aura

$$\frac{d(Li)}{dt} = 0,$$

et par conséquent

$$i\,dL = -L\,di. \tag{4}$$

Comme nous nous trouvons en circuit énergétique clos, la variation totale d'énergie est nulle et nous pouvons écrire

$$2\mu\frac{l}{r}i^2\,dr + \frac{1}{2}d(Li^2) = 0, \tag{5}$$

c'est-à-dire, en tenant compte de (4),

$$2\mu\frac{l}{r}i^2\,dr = \frac{1}{2}i^2\,dL. \tag{6}$$

Or, on sait que l'inductance propre par unité de longueur d'un tel circuit a pour expression

$$\frac{L}{l} = \mu_1 + 4\mu_0\log\frac{r}{a},$$

en désignant par a le rayon des conducteurs, supposés de section circulaire, par μ_1 leur perméabilité magnétique et par μ_0 celle du milieu ambiant, qui est ici le vide. L'équation (6) devient donc

$$2\mu\frac{l}{r}i^2\,dr = \frac{l}{2}i^2 \times 4\mu_0\frac{dr}{r} = 2\mu_0\frac{l}{r}i^2\,dr, \tag{7}$$

d'où il résulte

$$\mu = \mu_0. \tag{8}$$

Par conséquent, la perméabilité à introduire dans l'équation (1) est bien celle du milieu et non celle du conducteur.

Cette précision est importante car elle permet la définition de l'*ampère* sans passer par l'intermédiaire du système E. M. C. G. S. Par exemple, dans le système mètre, kilogramme (masse), seconde, ampère, où l'on sait (²) que la

---

(²) De la loi de Faraday, il résulte que le *weber*, unité de flux d'induction dans ce système, vaut 10^8 *maxwells*, de même que le volt vaut 10^8 U. E. M. C. G. S. L'unité d'induction vaudra donc un *myriagauss*. De la loi d'Ampère, il résulte de même que l'unité de force magnétomotrice vaut un *décigilbert* et par conséquent l'unité de champ magnétique un *millioersted*.

L'unité de perméabilité magnétique vaudra donc $\frac{\text{un myriagauss}}{\text{un millioersted}} = 10^7\mu_0$. Ce résultat peut être obtenu sans passer par l'intermédiaire des unités.

valeur de la perméabilité magnétique du vide est de 10^{-7}, si l'on prend l et r égales à un mètre et i égal à un ampère, on aura, d'après l'équation (2),

$$f = 2.10^{-7} \text{ newtons } \quad (^3).$$

L'ampère sera donc le courant qui, dans les conditions indiquées ci-dessus, produira sur une longueur d'un mètre d'un des conducteurs une force égale à 2.10^{-7} newton.

ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES. — *Sur l'influence de la courbure d'un guide d'ondes sur la propagation.* Note de M. **Marc Jouguet**.

Nous avons indiqué antérieurement [1] le principe d'une méthode de perturbation, permettant de déterminer les ondes qui peuvent se propager dans un guide courbé et dont la structure est voisine de celle des diverses ondes du guide rectiligne correspondant. Nous avons appliqué cette méthode à divers cas particuliers, en limitant l'approximation aux termes du premier ordre et nous avons montré qu'à ce degré d'approximation, la vitesse de phase n'était pas affectée par la courbure.

Il en est autrement si l'on pousse l'approximation aux termes du second ordre, ce qui est indispensable pour des courbures relativement fortes. Nous allons indiquer les résultats qu'on obtient dans le cas des ondes $(H_{n,0})$ du guide à section rectangulaire. L'axe Oz du guide sera supposé courbé, dans le plan des zx, suivant un cercle dont le centre O_1 est situé sur Ox et dont le rayon $R = \overline{O_1 O}$ sera considéré comme une quantité algébrique. Un point M, situé dans une section droite, dont le centre C a pour abscisse curviligne z, est défini par ses coordonnées z, x et y, les deux dernières étant les coordonnées cartésiennes dans la section droite. Les ondes $(H_{n,0})$ n'ont que trois composantes non nulles : E_y, H_z et H_x. Bornons-nous à donner l'expression de E_y, dont il est facile de déduire celles de H_z et de H_x.

$$E_y = kC\left\{\sin u - \frac{1}{2\chi^2 R}\left[\chi k_z^2\left(\frac{a^2}{4} - x^2\right)\cos u + k^2 x \sin u\right] + \frac{1}{2\chi^3 R^2}\left[a_3 x\left(x^2 - \frac{a^2}{4}\right)\cos u + (a_2 x^2 + a_4 x^4)\sin u\right]\right\}.$$

Dans cette formule, a est la largeur du guide.

$$\chi = \frac{n\pi}{a}\ (n \text{ entier}), \qquad \chi^2 = k^2 - k_z^2.$$

$$u = \chi\left(x + \frac{a}{2}\right),$$

$$a_2 = \frac{k^2}{4\chi}(3k^2 + 2k_z)^2 + \frac{1}{8}\chi k_z^4 a^2, \qquad a_3 = -\frac{1}{6}k_z^2(4\chi^2 + 5k^2), \qquad a_4 = -\frac{\chi}{4}k_z^4.$$

---

(3) Le *newton* est l'unité de force du système mètre, kilogramme (masse), seconde. Il vaut 10^5 dynes.

(1) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 440-442 et 537-538.

On a sous-entendu le facteur de propagation $e^{i[kct-(k_z+\delta k_z)z]}$ et C est une constante d'amplitude.

La perturbation δk_z de la constante de propagation k_z est

$$\delta k_z = \frac{1}{8\pi^2 n^2 k_z} \frac{a^2}{R^2} \left[\frac{a^2 k^2}{n^2 \pi^2} (k^2 + 4 k_z^2) - \frac{1}{3} a^2 k_z^2 (3 k^2 - 2 k_z^2) \right]. \quad (1)$$

Les perturbations de la vitesse de phase, de la vitesse de groupe et de la longueur d'onde, comptées sur l'axe du guide, s'en déduisent immédiatement.

La formule (1) n'a pas de sens si $k_z = 0$ (fréquence égale à la fréquence de coupure f_c du guide rectiligne). On a alors, au lieu de (1),

$$\delta k_z = \frac{1}{2R}.$$

Le régime d'oscillation du guide rectiligne où tous les points vibrent en phase avec une amplitude indépendante de z, est remplacé, la fréquence étant f_c, par une onde dont la vitesse de phase est $2n\pi(R/a)c$. A l'approximation du premier ordre, et en sous-entendant le facteur de propagation, les composantes des champs sont

$$E_y = kC\left(1 - \frac{x}{2R}\right)\sin u; \qquad H_x = -\frac{C}{2R}\sin u;$$
$$H_z = iC\left[\left(1 - \frac{x}{2R}\right)\alpha\cos u - \frac{1}{2R}\sin u\right].$$

Ces formules doivent remplacer, au voisinage de la fréquence f_c, celles qui ont été données antérieurement, dans le cas général. Enfin la fréquence de coupure est abaissée et devient

$$f'_c = f_c\left(1 - \frac{a^2}{8n^2\pi^2R^2}\right).$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des esters α-cétoniques. Précisions sur le butanone-2 oate d'éthyle.* Note [1] de M. **René Rambaud** et M[lle] **Marie-Louise Dondon**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le *butanone-2 oate d'éthyle* $CH_3-CH_2-CO-COOC_2H_5$ a été décrit comme un liquide de point d'ébullition presque confondu avec celui de son isomère $CH_2=CH-CHOH-COOC_2H_5$. Le fait peut paraître anormal puisque les acides correspondant à ces deux esters présentent, entre leurs températures d'ébullition, un écart extrêmement important (de l'ordre de 55°). De plus, les constantes données pour lui diffèrent sensiblement selon les auteurs [2], [3], [4].

La préparation de l'ester cétonique, reprise conformément aux indications de Van der Sleen [2] (action du sel d'argent sur l'iodure d'éthyle), nous a

(1) Séance du 5 août 1946.

(2) Van der Sleen, *Rec. Tr. Chim. P. B.*, **21**, 1902, p. 234.

(3) Aristow et Demjanow, *Ber. d. chem. Ges.*, **20**, 1887, p. 698.

(4) Bouveault et Locquin, *Comptes rendus*, **135**, 1902, p. 181.

fourni un produit dont les constantes, voisines de celles déjà signalées, en diffèrent cependant quelque peu :

$\acute{E}_{20}$: 66° [$\acute{E}_{16}$: 66-67° (2); $\acute{E}_{20}$: 75° (3); $\acute{E}_{760}$: 162° (4)]; d : 1,020 à 20° [1,0087 à 20° (3)]; n_{20}^{D} = 1,142 R. M. mes. 31,73 pour théor. 31,47.

L'écart entre les points d'ébullition des deux acides isomères cétonique et alcoolique, s'il n'est pas annulé, est donc effectivement très fortement atténué lorsqu'on passe à leurs esters éthyliques : le buténoloate d'éthyle $CH_2{=}CH{-}CHOH{-}COOC_2H_5$ bout, sous 20^{mm}, à 74°, soit seulement 8° plus haut que le butanone-oate correspondant.

Ester-alcool et ester-cétone sont, par ailleurs, très nettement différenciés.

Le premier absorbe le brome naissant ($BrK + BrO_3K$) sans que, cependant, la fixation de l'halogène soit exactement quantitative (on trouve entre 0,91 et 0,93 liaison éthylénique par molécule). Il dégage CH_4 par action sur l'iodure de méthyle-magnésium (Zéréwitinoff : 12,9 % OH pour 13,1 % théor.). Il est inerte vis-à-vis des réactifs habituels du groupement carbonyle alors que son activité vis-à-vis des réactifs courants des alcools est bien connue (5). Il offre, dans son spectre Raman, une raie intense et unique à 1650 cm^{-1} (Raie $C=C$) et, à 1742 cm^{-1}, une raie faible attribuable au groupement $C=O$ de sa fonction ester.

Spectre. — 866-876 (mF); 1020 (f); 1290-1307 (F); 1409 (f); 1450-1467 (F); 1650 (TF); 1742 (f); 2885 (f); 2932-2950 (F); 2973-2999 (F); 3023-3052 (mF); 3014 (mF).

Le second réagit immédiatement sur les réactifs usuels des cétones et donne ainsi :

une phényl-hydrazone F 86° (acide acétique);

une para-nitro-phényl-hydrazone F 151° (acide acétique);

une oxime F 56° (déc.), cette dernière ayant été déjà décrite (4) (6), mais n'ayant jusqu'ici jamais été obtenue à partir de l'ester, par voie directe.

Il attaque nettement les réactifs de Grignard, ce qui laisse supposer qu'il peut réagir partiellement sous une forme énolique $CH_3{-}CH{=}CHOH{-}COOC_2H_5$ (Zéréwitinoff : 3,4 % OH pour 13,1 % théor.); il communique d'ailleurs aux solutions diluées de chlorure ferrique une coloration intense.

Cependant, il ne fixe pas le brome; d'autre part, son spectre Raman n'offre aucune raie éthylénique, ce qui corrobore l'absence pratiquement totale d'énol libre, au moins dans les échantillons distillés de fraîche date : une raie intense y est seule observable à 1742 cm^{-1}, due à la conjugaison des deux groupes carbonyles (tous les spectres, jusqu'ici décrits, d'esters α cétoniques présentent une unique raie forte vers 1740 cm^{-1}).

Spectre. — 330 (mF); 862 (mF); 1018 (f); 1047 (f); 1103 (f); 1141 (mF); 1451 1468 (F); 1742 (F); 2890 (mF); 2907 (mF); 2946 (F); 2977-2998 (F).

L'acide $CH_3{-}CH_2{-}CO{-}COOH$ (semicarbazone F 204°, alcool dilué)

(5) RAMBAUD, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1, 1934, pp. 1327, 1337, 1342.

(6) DIECKMANN et GROENEVELD, *Ber. d. chem. Ges.*, 33, 1900, p. 600.

nécessaire à l'obtention de l'ester provenait de l'action du carbonate de potassium, en solution concentrée et bouillante, sur l'ester-alcool



$$CH_2{=}CH{-}CHOH{-}COOC_2H_5.$$

Cette réaction, partiellement anormale (7), d'un rendement moyen de 30 %, est présentée, ainsi qu'on a pu s'en convaincre, par tous les esters-alcools homologues inférieur et supérieur; elle s'observe, en particulier, pour les trois suivants, non encore décrits.

Buténol-3-2 *oates de:*

				R. M. mes.	R. M. pour
I. propyle ($C_7H_{12}O_3$)...	$É_{15}$ 69°	d_{18} 1,003	n^D_{18} 1,429	37,01	37,13
N. butyle ($C_8H_{14}O_3$)...	94-95°	d_{15} 0,997	n_{15} 1,439	41,73	41,75
I. butyle ($C_8H_{14}O_3$)...	87-88°	d_{12} 0,997	n_{12} 1,437	41,56	41,75

MINÉRALOGIE. — *Recherches sur l'analyse thermique différentielle des argiles. Signification et spécificité du phénomène de recristallisation.* Note (1) de Mlle **Simonne Caillère**, MM. **Stéphane Hénin** et **Lucien Turc**.

On sait que les courbes thermiques des kaolinites présentent un phénomène exothermique qui se manifeste entre 900° et 1000° (2). Ce phénomène a été attribué à la recristallisation du minéral en mullite et en tridymite (3) (4).

Or, dans le cas où ce phénomène est peu accentué, si l'on effectue un examen aux rayons X sur le minéral chauffé juste après le crochet exothermique, le cliché traduit l'existence d'un produit mal cristallisé, mais le caractère cristallin se manifeste nettement avec la même substance chauffée à plus haute température (1200° à 1400°).

Par contre, en répétant ces observations sur un minéral présentant un phénomène exothermique très marqué, on peut constater une meilleure cristallinité dès chauffage à 1000°.

Ainsi le phénomène exothermique apparaît comme la conséquence de l'allure quasi explosive du phénomène de recristallisation. On peut en conclure que toute condition favorisant l'extension de ce phénomène dans la masse doit provoquer un accroissement important du crochet exothermique.

Nous avons constaté que les fixations de Al, de H ou de NH_4 augmentaient généralement ce crochet alors que la fixation d'ions alcalins ou alcalinoterreux diminuait son importance. Avec des traitements analogues les montmorillonites

(7) Rambaud, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1, 1934, p. 1348.

(1) Séance du 5 août 1946.

(2) J. Orcel et S. Caillère, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 774.

(3) M. E. Nahmias, *Zeits. Krist.*, **85**, 1933, p. 355.

(4) L. Longchambon, *Communications Congrès technique Industrie Céramique*, 1938, p. 84.

se sont comportées de manière identique et les crochets exothermiques obtenus peuvent être de même amplitude que ceux des kaolinites.

Notons enfin que ce crochet est toujours très faible avec l'illite et avec les palygorskites même traitées par Al ou par H.

L'absence ou la faiblesse de ce phénomène serait due, suivant notre interprétation à la présence, dans le réseau ou autour des grains, d'éléments, autres que la silice et l'alumine, s'opposant à sa propagation rapide.

Il est probable que la difficulté que l'on éprouve à obtenir un résultat constant par ces traitements traduit l'influence de certaines conditions telles que l'état physique du minéral, par exemple la dimension des grains, dont le rôle a déjà été mis en évidence ([5]).

Enfin, quelques essais ont été entrepris sur des gels provenant de la floculation simultanée de la silice et de l'alumine, et si nous avons observé sur ces produits divers phénomènes exothermiques, ceux-ci se situent toujours plus bas que dans les argiles envisagées.

Il est à noter que certains auteurs ont obtenu l'inflexion à 950° sur des gels préparés dans des conditions très spéciales ([6]).

Ces constatations atténuent la spécificité du crochet exothermique en ce sens que cette inflexion sur une courbe thermique n'implique pas nécessairement l'existence de kaolinite, particulièrement s'il s'agit d'une argile H ou NH_4.

La présence d'un phénomène exothermique se manifestant aussi bien au cours du chauffage d'une kaolinite que d'une montmorillonite conduisait à penser qu'il traduisait la formation des mêmes substances. L'examen des diagrammes X de ces deux types d'argiles, chauffées juste au-dessus de la température d'apparition du crochet, montre qu'il en est bien ainsi. Les spectres quoique difficiles à interpréter, ont permis d'établir l'existence probable d'un mélange de corindon et de tridymite. A plus haute température nous avons trouvé comme les autres auteurs que la kaolinite se transforme en mullite et en tridymite.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les décalages entre variations des températures et quantités de chaleur reçues au sol.* Note ([1]) de M. **Hippolyte Parodi**, présentée par M. Albert Caquot.

L'atmosphère est soumise, en un lieu donné, par l'intermédiaire du sol, à une action thermique pulsatoire, bien que la quantité de chaleur reçue du soleil, aux confins de notre atmosphère, soit à peu près constante (constante

([5]) S. Caillère et S. Hénin, *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 684.

([6]) H. Insley et R. H. Ewell, *Part of Journ. Research Nat. Bureau Standards*, **14**, mai 1935.

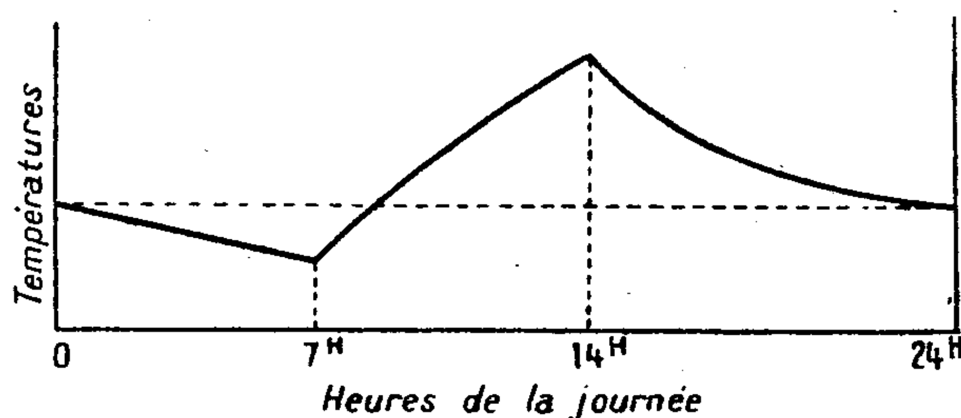
([1]) Séance du 5 août 1946.

solaire $= 1{,}35$ kW par mètre carré de surface normale aux rayons). Cette action pulsatoire est doublement périodique du fait du mouvement de rotation de la Terre autour de son axe et autour du Soleil.

L'observation courante montre que les variations de température saisonnière (période : 365 jours) sont décalées d'environ un mois par rapport aux variations de l'intensité actinique : dans nos climats le maximum de température a lieu en juillet, alors que la quantité de chaleur reçue au sol est maximum en juin.

Les variations journalières de température (période : 24 heures) sont décalées, par rapport à l'intensité actinique, de deux heures environ, la quantité de chaleur reçue au sol est maximum en général à midi, tandis que la température de l'air atteint son maximum vers quatorze heures.

Dans les régions sans végétation, où l'atmosphère est presque complètement exempte de vapeur d'eau et d'acide carbonique, le rayonnement solaire traverse l'air sans lui céder aucune quantité sensible d'énergie, et le chauffage de cet air n'est effectué que par son contact avec le sol. Le phénomène de chauffage par le sol seul doit donc apparaître dans toute sa simplicité, dans les plaines de sable du Sahara, et les courbes de variations journalières de la température doivent avoir la même allure que les courbes de chauffage et de refroidissement d'une machine électrique quelconque ou d'un appareil de chauffage à accumulation. Les courbes relevées par l'O.N.M. à Ouallen, dans le Sahara (latitude 24°36′ N, longitude 1°14′ E, altitude 346^{m}), ont bien la forme théorique prévue comme le montre l'examen de la figure ci-dessous.



Variations journalières de température à Ouallen (Sahara).

La présence de végétation à la surface du sol, de vapeur d'eau et d'acide carbonique dans l'atmosphère, complique les phénomènes et les courbes de température ont une allure presque sinusoïdale au lieu de présenter le décrochement qui caractérise le passage de la période de chauffage à la période de refroidissement. Malgré cette régularisation, les décalages entre maximum de cause et maximum d'effet demeurent les mêmes, aussi bien pour les variations annuelles, que pour les variations journalières de température. Nous sommes donc bien fondés à admettre que, d'une façon générale, les échanges de chaleur entre le Soleil et l'air par l'intermédiaire du sol suivent le même processus que les appareils de chauffage à inertie calorifique, donc à

accumulation. Dans ces conditions, à des actions périodiques doivent correspondre des effets périodiques de mêmes périodes, les décalages angulaires φ entre les courbes représentatives des causes et les courbes représentatives des effets étant tels que l'on ait approximativement

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{K}{L\omega} = K'T,$$

T représentant la durée de la période et L l'inertie.

A deux causes de périodes T_1 et T_2, agissant sur un même système doué d'inertie, doivent correspondre deux effets de mêmes périodes T_1 et T_2 et de décalages respectifs φ_1 et φ_2 tels que l'on ait

$$\frac{\operatorname{tg}\varphi_1}{\operatorname{tg}\varphi_2} = \frac{T_1}{T_2}.$$

Pour les phénomènes de périodes $T_1 = 365$ jours et $T_2 = 1$ jour, le rapport des décalages doit être du même ordre de grandeur que le rapport des périodes. C'est bien ce qu'indique l'expérience, puisque le décalage de 2 heures pour les phénomènes journaliers correspond au douzième de la journée et que la journée est au mois (décalage des phénomènes saisonniers) dans le rapport de 365 à douze

$$\frac{2 \text{ heures}}{1 \text{ mois}} = \frac{1/12 \text{ jour}}{365/12 \text{ jours}} = \frac{1}{365}.$$

GÉNÉTIQUE. — *Modification des épillets dans l'Hybride de Blé* Monococcum *X* vulgare. Note [1] de M. **Kuo-Chun Chin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

En 1936, nous avons obtenu 2 grains de Blé par l'hybridation de *Triticum Monococcum* var. *vulgare* avec *Triticum vulgare* var. Hybride de la paix [2].

Ayant poursuivi pendant dix ans la culture de cet hybride de *Monococcum vulgare*, nous avons obtenu des preuves très nettes de la modification des épillets à toutes les générations. Voici l'essentiel de nos observations :

En 1938, ayant obtenu des descendants de (F_1) du type maternel, nous constatons qu'un certain nombre d'épis possèdent 2 rangs de grains en leur milieu, et 1 rang à leur sommet et à leur base. Leur comportement est différent de celui de *Tr. dicoccum* qui a les grains courts et assez pleins; l'hybride a les grains longs et aplatis, ce qui est un caractère du père.

En 1939, les épis issus du type maternel (F_3) sont à la fois plus longs, plus larges et plus épais, semblables aux épis de la plante (F_2) mais plus vigoureux.

---

(1) Séance du 19 août 1946.

(2) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1141; 209, 1939, pp. 240-242.

Les conditions de milieu ont généralement été plus favorables cette année que l'année précédente. Or, nous avons trouvé dans la plupart des épis des 35 souches semées en cette année, de très nombreux épillets à 2 grains. Ces épillets se développent assez pour donner l'apparence des Orges à 4 rangs. De plus nous trouvons des épillets à 3 grains avec tête spatulée. L'engrain (*Tr. Monococcum* var. *vulgare*) ne présente qu'un seul grain par épillet. L'augmentation de fertilité met en évidence la réussite de l'hybridation; les anomalies trahissent un désordre de l'appareil reproducteur qui n'a pu être fixé et constituent une preuve complémentaire de l'origine hybride de la variété qui les porte.

Les épillets possèdent en général trois fleurs dont la supérieure est souvent stérile, seule la fleur inférieure est fertile. On trouve très rarement 2 grains dans les épillets de *Monococcum* var. *vulgare*. Dans un seul épi de (F_2) nous avons trouvé, chez le type maternel, de nombreux épillets à 2 grains. Le phénomène persiste et s'accentue en (F_3); sur 15 épillets, nous en trouvons 10 à doubles grains. Le phénomène est moins accusé en (F_4, 1940).

En 1941, nous avons trouvé des épillets à 3 grains sur certains épis du type maternel comme nous en avions déjà trouvé chez (F_3). Mais les épis à 3 grains sont peu nombreux, environ 1 % ; ici aussi l'anomalie apparaît généralement vers le milieu ou le sommet de l'épi.

En 1943, dans le type maternel, nous avons retrouvé des épillets à 2 et à 3 grains.

En 1944, nous avons retrouvé des épillets à 2 et à 3 grains sur le type maternel.

En 1946 (10[e] génération) nous avons retrouvé des épillets à 2 ou 3 grains; de plus, nous avons vu des grains supplémentaires isolés accrochés sur l'une des faces de l'épi, caractère qui n'a pas été fixé chez les Céréales.

La densité peut varier beaucoup suivant les parties de l'épi; chez de nombreux hybrides elle est plus grande dans la région terminale, et il en résulte un élargissement qui donne à l'épi une forme spatulée. Cette particularité est très fluctuante, même dans une lignée qui paraît pure sous le rapport de tous les autres caractères, et il est difficile de l'attribuer à un facteur bien défini; si l'on pense que la densité et la fertilité dépendent elles-mêmes, pour une part tout au moins, des agents physiques du milieu, on comprend qu'il est difficile de suivre le comportement héréditaire des facteurs qui interviennent dans la forme de l'épi. Le caractère spatulé résulte d'une condensation à la partie supérieure de l'épi; il est partiellement héréditaire, mais la ségrégation de cette demi-race, au sens de Hugo de Vries, varie dans une large mesure, et pour des causes inconnues, suivant la nature des géniteurs associés.

Remarque de M. Blaringhem sur la Note de M. **Kuo-Chun Chin**.

La Note de M. Kuo-Chun Chin fournit des arguments sérieux sur la parenté directe des Blés froments hybrides avec certaines formes de *Triticum* consi-

dérées comme sauvages, en tous cas vivant à l'état spontané, mauvaises herbes dans les Céréales de l'Attique. *Triticum ægilopoïdes* Balansa est une espèce strictement sauvage, de petite taille, à épis très fragiles; combinée par le croisement avec *Triticum Monococcum* var. *vulgare* de la Station Berthelot, le type maternel utilisé par M. Kuo-Chun Chin, cette espèce a donné de suite des descendants très fertiles, avec disjonctions mendéliennes complexes en (F_2), et j'ai annoncé [3] dès 1927 qu'il y avait un intérêt pratique à les croiser avec les Blés actuellement cultivés.

La séance est levée à 15h30m. A. Lx.

(3) *Comptes rendus*, 184, 1927, pp. 225-227.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 SEPTEMBRE 1946.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau de l'Académie la *Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des Astronomes et des Navigateurs pour l'an* 1946, publiée par le Bureau des Longitudes.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez le* Vicia sepium *L.* Note (¹) de M. **René Souèges**.

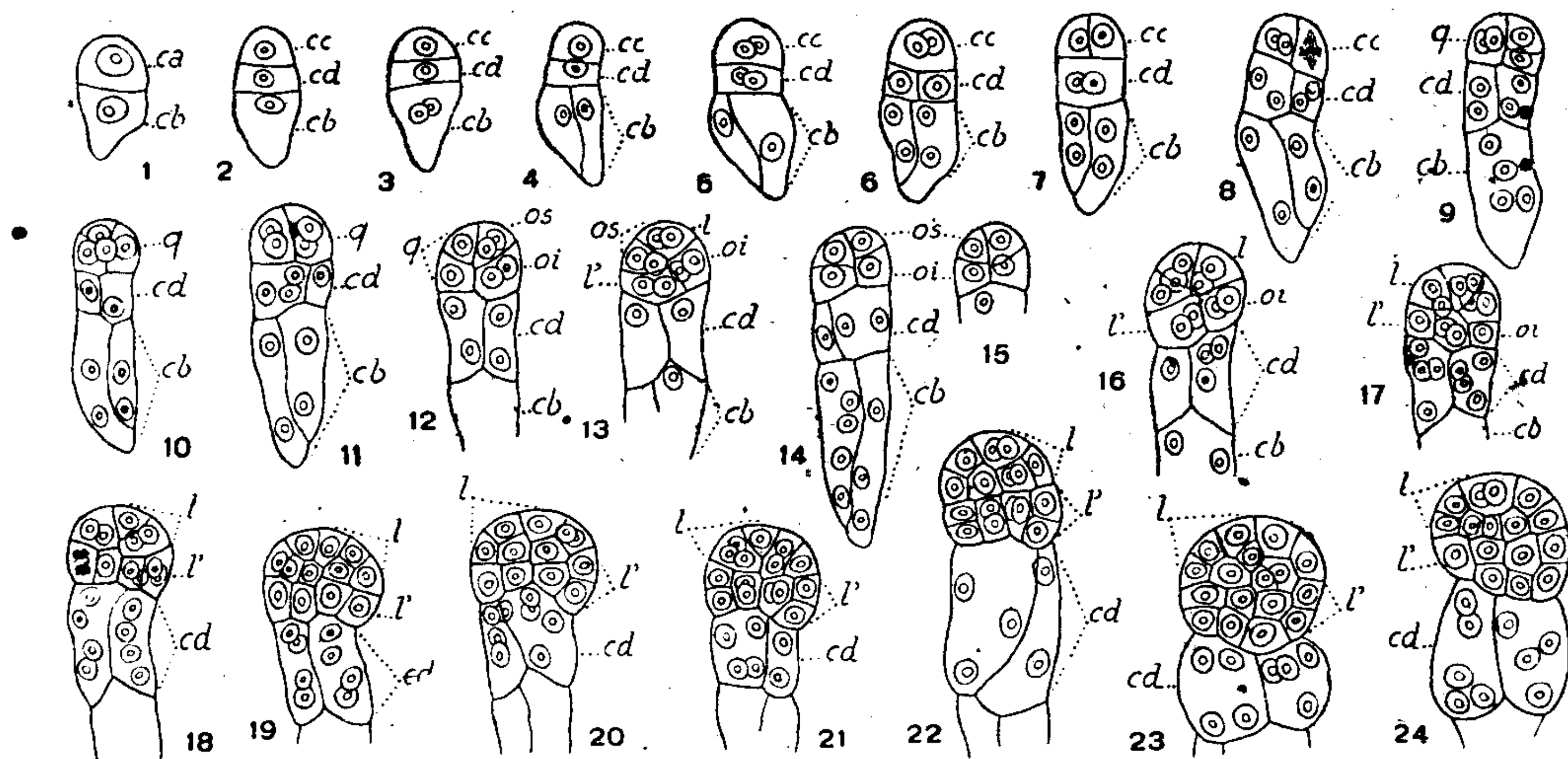
On admet généralement que les Viciées possèdent des caractères embryologiques homogènes. Des variations assez prononcées se produiraient néanmoins au cours du développement de la cellule embryonnaire proprement dite « soit dans les jeunes stades et avant la différenciation des tissus, soit seulement à l'époque de la formation des cotylédons » (²). Il s'agit de montrer en quoi consistent exactement ces variations et de les définir à la lumière des données que l'on peut tirer des lois embryogéniques aujourd'hui établies. Toutes précisions désirables, à cet égard, ont pu déjà être acquises en ce qui concerne l'*Orobus vernus* L. (³). Mais beaucoup d'autres exemples doivent encore être examinés.

Chez le *Vicia sepium*, la cellule embryonnaire proprement dite, *cc*, fille de la cellule apicale, *ca*, et petite-fille de l'oospore (*fig.* 1 à 4), se partage, de manière tout à fait générale, par une cloison verticale, et les deux cellules juxtaposées ainsi engendrées se segmentent, l'une verticalement (*fig.* 8 et 9 à g.), l'autre transversalement (*fig.* 8 et 9 à d.). Les quatre nouveaux éléments, qui représentent des quadrants, offrent de la sorte une disposition toute particulière : les droites qui joignent les centres de leurs noyaux dessinent effectivement un tétraèdre régulier, mais ce tétraèdre, contrairement à ce qui s'observe généralement, ne s'appuie pas, par l'une de ses faces, sur la paroi transversale séparant *cc* de *cd* et ne laisse pas apparaître une cellule du sommet fonctionnant comme épyphyse. Dans beaucoup de cas, les parois qui séparent les quadrants peuvent être plus ou moins

(¹) Séance du 19 août 1946.
(²) L. Guignard, *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6e série, **12**, 1881, p. 66.
(³) R. Souèges, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 60.

inclinées et les noyaux se groupent alors, de façon plus ou moins régulière, autour de l'axe, sans se placer rigoureusement sur le même plan horizontal. Ainsi dans la figure 11, les noyaux antérieur gauche et postérieur droit occupent, de manière évidente, un niveau plus bas que les noyaux antérieur droit et postérieur gauche.

Par division transversale des 2 quadrants juxtaposés (*fig.* 12 à d.) et segmentation longitudinale des 2 quadrants superposés, se constituent 4 octants supérieurs et 4 octants inférieurs (*fig.* 13, 14 et 15). Dans les octants, les divisions ne sont pas dans tous les cas parallèles à la périphérie isolant ainsi d'emblée une couche périphérique. Comme le montrent les figures 16, 17, 18, la première cloison dans l'octant supérieur est anticline



Fig, 1 à 24. — *Vicia sepium* L. — Développement des formes proembryonnaires. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc*, cellule-fille supérieure de *ca* ou embryon proprement dit; *cd*, cellule-fille inférieure de *ca* ou les deux vésicules plurinucléées supérieures; *q*, quadrants; *l* ou *os*, octants supérieurs; *l'* ou *oi*, octants inférieurs. Les figures 14 et 15 représentent les deux coupes voisines d'un même proembryon. G. = 300.

et s'insère intérieurement soit sur la paroi méridienne (*fig.* 16), soit sur la paroi inférieure horizontale (*fig.* 17, 21 à d.). Des parois périclines succèdent généralement aux premières cloisons anticlines, sans qu'il en résulte toutefois une différenciation nette et définitive du dermatogène. Dans les octants inférieurs, les cloisons sont tout d'abord verticales (*fig.* 17, 18, 19) séparant des cellules extérieures et des cellules centrales; elles sont ensuite transversales, apparaissant dans les cellules extérieures en tout premier lieu (*fig.* 18, 20, 21, 22), dans les cellules centrales ensuite. Au terme de ces divisions, les octants inférieurs se montrent assez distinctement partagés en 2 couches cellulaires rappelant les deux assises *ph* et *h* qui se différencient chez d'autres Papilionacées.

Aux stades suivants, la symétrie de l'embryon devient bilatérale. Il s'élargit en deux points diamétralement opposés pour prendre la forme dite *en biscuit*. Cet élargissement, qui marque la naissance des cotylédons, est surtout apparent sur les coupes parallèles à la paroi longitudinale de séparation des deux vésicules différenciées en *cd* (*fig.* 25 à 27). Dans les coupes perpendiculaires à cette même cloison, la forme se montre encore arrondie (*fig.* 29, 31); en 28 et 30, le plan de section passant au-dessus de l'axe et intéressant la protubérance cotylédonaire antérieure, la forme est oblongue, allongée vers le bas. Les figures 32 à 35 se rapportent à des stades plus âgés : en 32, 33, la pointe radiculaire commence à apparaître entre les deux vésicules haustoriales; en 34, 35, dans le plan longitudinal normal à celui des deux figures précédentes, la forme en biscuit à concavité infé-

rieure se modifie pour faire place à une forme comparable avec concavité supérieure (*fig.* 37). Les cotylédons prennent alors leur vraie direction, pendant que l'embryon tourne

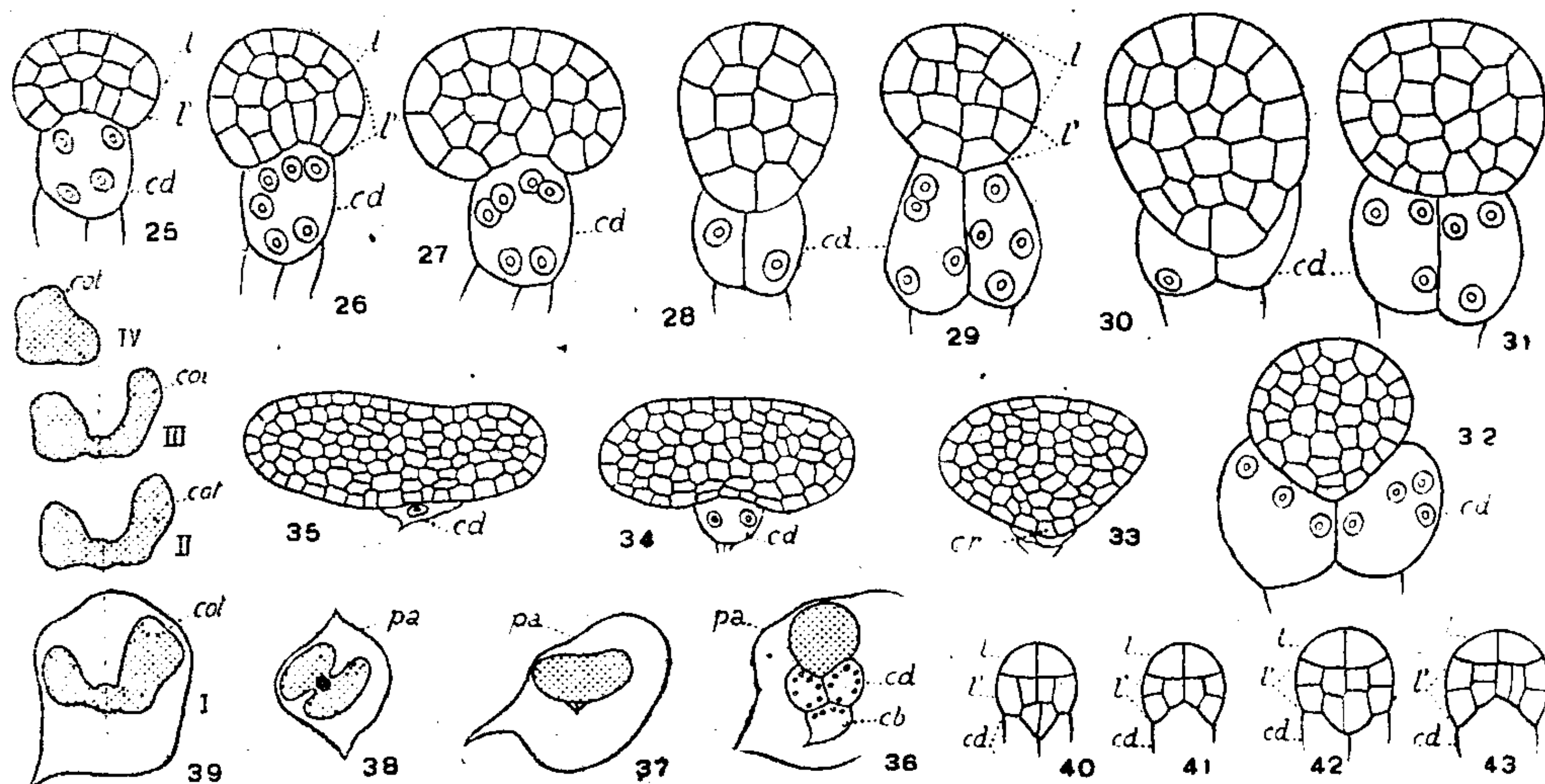


Fig. 25 à 43. — *Vicia sepium* L. — Les stades du développement qui correspondent à la formation des cotylédons. *cot*, cotylédon; *pa*, paroi du sac; *cr*, cône radiculaire. Les figures 28 et 29 représentent les deux coupes voisines d'un même embryon; il en est de même des figures 30 et 31. — G. = 290 pour 25 à 31; 150 pour 32; 70 pour 33 à 36; 16 pour 37 à 39.

sur son axe pour leur permettre de se placer en position accombante (*fig.* 38). La figure 39 reproduit 4 coupes longitudinales successives de l'embryon à ce même stade : l'irrégularité des deux masses cotylédonaires résulte de ce mouvement de courbure; sur l'axe apparaissent les rudiments des cônes végétatifs de la racine et de la tige.

Les figures schématiques 40 à 43 rendent compte du mode de division des blastomères de l'étage *l'* quand commence la dilatation transversale cotylédonaire : en 40 et 42 les coupes sont perpendiculaires et, en 41 et 43, parallèles au plan de séparation des deux vésicules plurinucléées différenciées en *cd*.

Comme chez le *Medicago*, le *Melilotus* et l'*Orobus*, l'embryon proprement dit tire origine, chez le *Vicia sepium*, de la cellule *cc*, petite-fille de l'oospore. D'une manière générale, cette cellule se segmente longitudinalement et produit, après trois périodes de division, huit octants nettement disposés en deux étages; par là, le *Vicia sepium* se rapproche surtout du *Medicago* et du *Melilotus*, et trouve sa place, à leur côté, dans la classification périodique.

La disposition des quadrants, la forme que revêt l'embryon au moment de la naissance des cotylédons, l'apparition très tardive des rudiments des points végétatifs, l'absence de toute différenciation intérieure aux stades qui suivent le changement de symétrie et l'impossibilité qui en résulte de déterminer l'origine exacte des parties aux dépens de tels ou tels blastomères, sont autant de caractères qui séparent le *Vicia sepium* de toutes les espèces examinées jusqu'ici.

PHYSIOLOGIE. — *Sur une nouvelle technique de perfusion. Application à l'étude des réactions vasculaires engendrées par l'histamine.* Note [1] de MM. **Léon Binet** et **Mejer Burstein**.

Dans un travail antérieur [2], nous avons décrit une technique de perfusion d'une patte postérieure chez le chien avec le sang de l'animal lui-même ou avec le sang d'un autre chien. Ayant modifié quelques points de cette technique, nous allons la résumer brièvement. L'expérience consiste à perfuser la patte d'un chien A avec le sang d'un chien B. On commence par ligaturer chez le chien A l'artère iliaque externe gauche, l'aorte au-dessous de la naissance des iliaques externes (ce qui arrête l'arrivée du sang dans les deux artères iliaques internes et l'artère sacrée moyenne), les deux artères lombaires ainsi que toutes les autres branches qui naissent dans la partie terminale de l'aorte (artères abdominales, artères mésentériques inférieures). L'artère iliaque externe droite reste libre et assure à elle seule la circulation dans la patte postérieure droite. Une canule est fixée dans l'artère iliaque externe gauche dans la direction de l'aorte; un appareil de Jouvelet aspire le sang artériel dans une des artères fémorales d'un chien B (le sang des deux chiens ayant été rendu incoagulable par l'héparine), et l'envoie, à débit constant, dans la canule fixée dans l'iliaque gauche. Un deuxième appareil de Jouvelet aspire exactement la même quantité du sang par minute dans une artère sous-clavière de A et l'envoie dans la veine jugulaire de B. L'équilibre circulatoire entre les deux chiens est ainsi maintenu. A ce moment on met une pince sur l'aorte de A, quelques centimètres au-dessus de la bifurcation. Par suite des ligatures faites, tout le sang envoyé par le Jouvelet passe dans l'artère iliaque droite et de là, après avoir traversé la patte, dans la circulation générale. Il s'agit donc d'une patte perfusée à débit constant avec du sang artériel *circulant*, patte dont l'innervation reste parfaitement intacte et dont la circulation n'a été interrompue à aucun moment de l'expérience. L'enregistrement de la pression dans les vaisseaux de la patte renseigne sur l'état de leur tonus.

En injectant une substance donnée au chien B, on peut analyser ses effets périphériques; en l'injectant au chien A, on a ses effets centraux. La réaction enregistrée dans ce dernier cas est secondaire, soit à une action de cette substance sur les centres vaso-moteurs ou les ganglions sympathiques, soit à l'hypertension ou l'hypotension provoquées par elle. Si au lieu de perfuser la patte avec le sang d'un deuxième chien, on la perfuse avec le sang du chien lui-même, prélevé dans une carotide par exemple, on a une réaction globale qui est la résultante de la réaction périphérique et de la réaction centrale. Enfin, on peut étudier la vaso-motricité au niveau d'une patte énervée par section du

(1) Séance du 26 août 1946.

(2) L. Binet et M. Burstein, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 197.

nerf sciatique, du crural et de la chaîne lombaire. On peut aussi injecter une substance directement dans la patte irriguée sans passer par la circulation générale.

Quelles sont les réactions qu'on enregistre après injection d'histamine ? L'injection d'histamine au chien perfuseur est toujours suivie d'une vasodilatation au niveau de la patte explorée; en injectant 1/10 de milligramme par voie intraveineuse à un chien de 10^{kg}, la vasodilatation est très marquée. On obtient aussi une réponse vasculaire en injectant de très faibles doses d'hista-

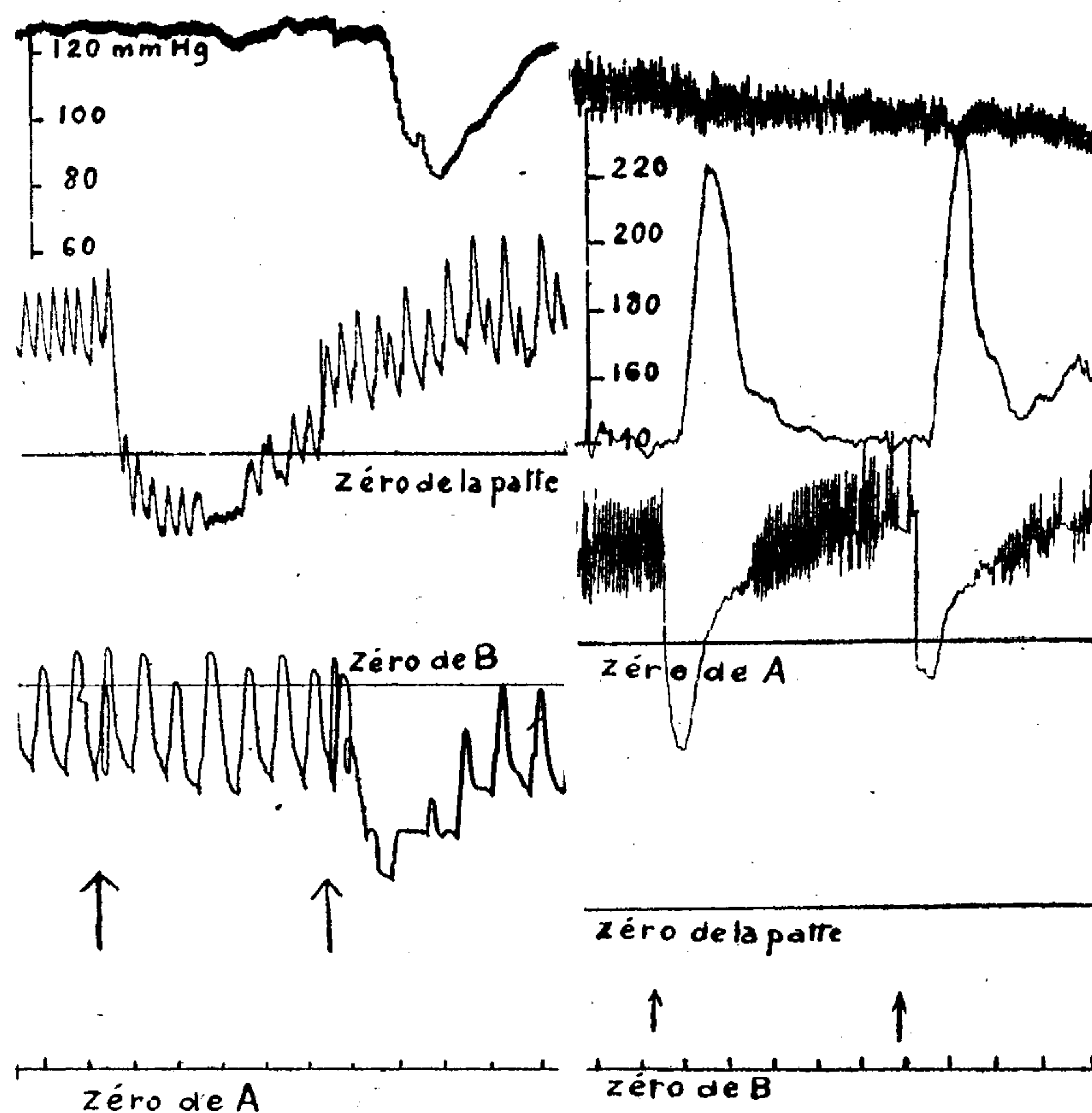


Fig. 1. — La patte énervée du chien B (6^{kg},500) est perfusée avec du sang du chien A (10^{kg}). Débit 60^{cm^3} par minute. *De haut en bas* : pression dans la patte, pression artérielle de B, pression artérielle de A. Temps en secondes. A la première flèche, injection intraveineuse de $1/25^{mg}$ d'histamine à B; baisse tensionnelle chez B, rien au niveau de la patte (ceci montre l'indépendance des deux circulations). A la deuxième flèche, injection intraveineuse de $1/25^{mg}$ d'histamine à A. Hypotension chez A, vasodilatation de la patte énervée.

Fig. 2. — La patte du chien B (13^{kg}) est perfusée avec le sang du chien A (10^{kg}). Débit 105^{cm^3} par minute. *De haut en bas* : pression artérielle de A, pression dans la patte, pression artérielle de B. Temps en secondes. Deux injections intraveineuses de 0^{mg},10 d'histamine à B. Hypotension chez B, vasoconstriction de la patte.

mine, de l'ordre de 0,1γ, directement dans les vaisseaux de la patte. L'énervation de la patte ne diminue pas, dans les heures qui suivent, la réponse à l'histamine. L'effet direct de l'histamine au niveau de la patte est donc une vasodilatation incontestable (*fig.* 1).

Si l'on injecte l'histamine au chien A à qui appartient la patte, on constate, en même temps qu'une hypotension chez A, une constriction des vaisseaux de la patte perfusée (*fig.* 2). Il s'agit d'une vasoconstriction compensatrice, secondaire à l'hypotension, que l'on voit également à la suite d'une hypotension post-hémorragique ([3]).

Enfin, la réaction globale à l'histamine est variable; elle dépend de l'animal, de l'intensité de ses réactions vaso-motrices, de la dose injectée. On peut noter, soit une vasodilatation, soit une vasoconstriction souvent intense. Parfois on note une réaction biphasique, vasodilatation d'abord, suivie de vasoconstriction (*fig.* 3) ou ébauche de vasoconstriction suivie de vasodilatation. Comme nous

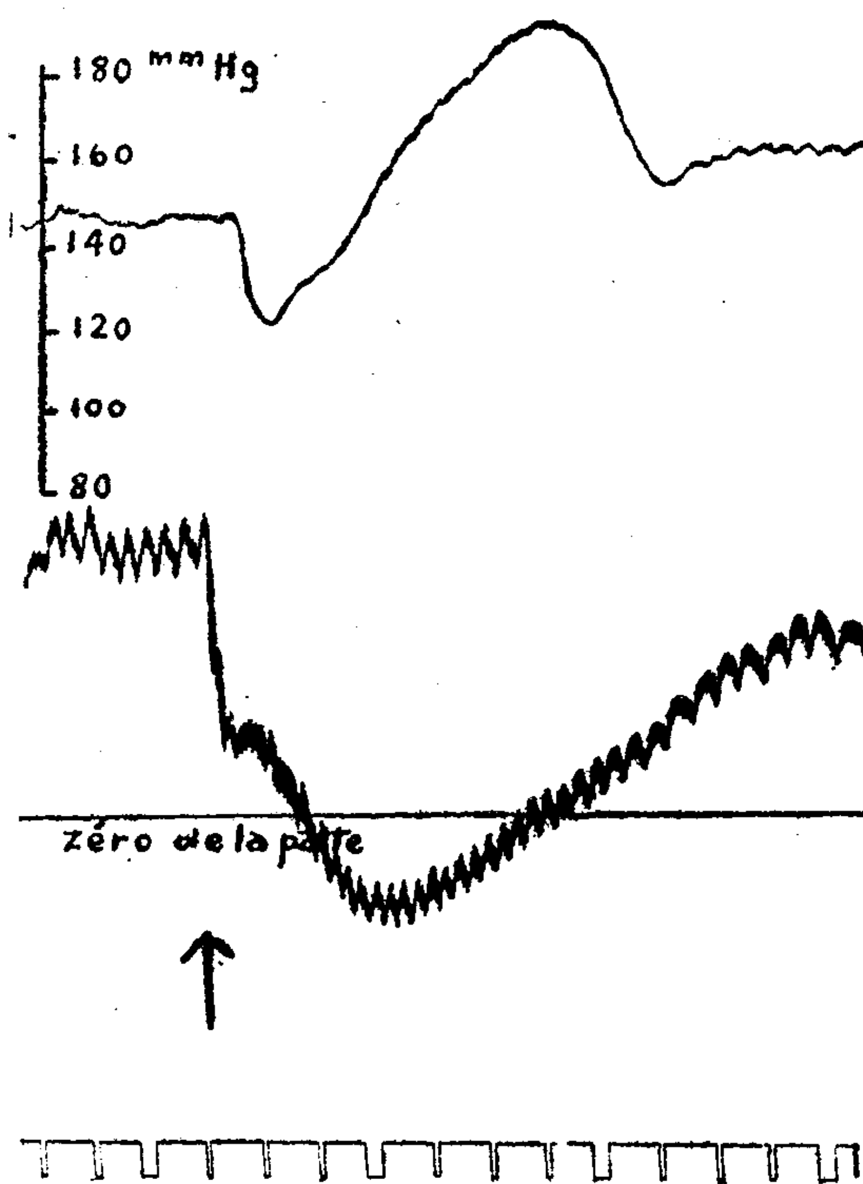


Fig. 3. — Chien de 10kg. Perfusion de la patte avec le sang de l'animal lui-même. Débit 90cm³. *En haut*, pression dans la patte; *en bas*, pression carotidienne. Temps en 15 secondes. A la flèche, injection intraveineuse de 1/4mg d'histamine. Hypotension artérielle. Au niveau de la patte, vasodilatation, suivie de vasoconstriction, puis retour à la normale.

l'avons dit, cette réaction globale est une somme d'une réaction périphérique qui est la vasodilatation, et d'une réaction centrale, secondaire à l'hypotension, qui est la vasoconstriction.

Conclusion. — Nous avons mis au point une nouvelle technique de perfusion d'une patte chez le chien qui permet d'étudier l'action périphérique, centrale et globale d'une substance donnée; l'histamine dilate les vaisseaux de la patte par action directe et les contracte indirectement, par augmentation du tonus des centres vaso-moteurs, qui est secondaire à l'hypotension.

([3]) L. Binet et M. Burstein, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 211.

TOPOLOGIE. — *Propriétés de l'anneau d'homologie de la projection d'un espace fibré sur sa base.* Note [1] de M. **Jean Leray.**

1. *Le polynome de Poincaré $\mathfrak{T}(t, t^*)$ d'une représentation π.* — Soit π une représentation d'un espace bicompact E dans un espace bicompact E*; soit un corps $\mathfrak{A}$; soient $\mathfrak{T}_1^{p,q}$ les modules d'homologie [2] de π relatifs à $\mathfrak{A}$; supposons qu'ils aient des bases finies; désignons par $\rho(\mathfrak{M})$ le rang d'un $\mathfrak{A}$-module $\mathfrak{M}$; posons

$$\mathfrak{T}(t, t^*) = \sum_{p,q} t^p t^{*q} \rho(\mathfrak{T}_1^{p,q}); \qquad \mathcal{E}(t, t^*) = \sum_{p,q} t^p t^{*q} \rho(\mathcal{E}^{p,q}/\mathcal{E}^{p-1,q+1});$$

$$\mathfrak{D}_r(t, t^*) = \sum_{p \geqq r, q} t^{p-r} t^{*q} \rho(\mathfrak{T}_r^{p,q}/\mathfrak{T}_{r-1}^{p,q});$$

l'application aux homomorphismes Δ_r et Γ du théorème sur le rang d'un quotient de modules donne

$$(1) \qquad \mathcal{E}(t, t^*) = \mathfrak{T}(t, t^*) - \sum_{r \geqq 1} (t^r + t^{*r+1}) \mathfrak{D}_r(t, t^*);$$

$$(2) \qquad \mathcal{E}(t, t) = \sum_p t^p \rho(\mathcal{E}^{p,0})$$

est le polynome de Poincaré de E relatif à $\mathfrak{A}$;

$$(3) \qquad \mathcal{E}(t, 0) = \sum_p t^p \rho(\mathcal{E}^{p,0}/\mathcal{E}^{p-1,1});$$

nous désignons par $\mathcal{E}^{p,0}$ le $p^{\text{ième}}$ module d'homologie de E relatif à $\mathfrak{A}$ et par $\mathcal{E}^{p-1,1}$ le sous-module de $\mathcal{E}^{p,0}$ que constituent les classes d'homologie Z^p de E, telles que $Z^p . \overset{-1}{\pi}(x^*) \sim 0$, quel que soit le point x^* de E*; si $\overset{-1}{\pi}(x^*)$ est connexe quel que soit x^*, on a, $\mathcal{E}^{*p}$ représentant le $p^{\text{ième}}$ module d'homologie de E* relatif à $\mathfrak{A}$,

$$(4) \qquad \mathcal{E}(0, t^*) = \sum_p t^p \rho\big(\overset{-1}{\pi}(\mathcal{E}^{*p})\big),$$

2. *Extension du théorème de dualité de H. Poincaré à la projection π d'un espace fibré* E *sur sa base* E*. — Supposons *que* E *et* E* *soient des multiplicités fermées, connexes, orientables* à $l+m$ et m dimensions, *que la fibre* F *soit une multiplicité fermée orientable à l dimensions* et *que $\mathfrak{A}$ soit le corps des rationnels ou le corps des entiers calculés mod. n, n étant premier.* Les modules d'homo-

---

[1] Séance du 26 août 1946.

[2] Deux Notes antérieures, dont nous conservons les notations, définissent l'anneau d'homologie d'une représentation et précisent sa structure (*Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 1366 et 1419).

logie $\mathcal{L}_1^{p,q}$ de π relatifs à $\mathfrak{A}$ ont des bases finies et une généralisation du théorème de dualité de Poincaré prouve que $\mathcal{L}_1^{p,q}$ et $\mathcal{L}_1^{l-p,m-q}$ sont duals [3] relativement à leur intersection qui est définie dans $\mathcal{L}_1^{l,m}$, module isomorphe à $\mathfrak{A}$; les propriétés des homomorphismes Δ_r et Γ permettent de déduire de cette dualité les conclusions suivantes : *Les modules d'homologie* $\mathcal{L}_1^{p,q}$ *et* $\mathcal{L}_1^{l-p,m-q}$ *de* π *relatifs à* $\mathfrak{A}$ *sont duals, leurs sous-modules* $\mathcal{L}_r^{p,q}$ *et* $\mathfrak{D}_r^{l-p,m-q}$ *étant annulateurs l'un de l'autre; les modules d'homologie* $\mathcal{E}^{p,0}$ *et* $\mathcal{E}^{m+n-p,0}$ *de* E *relatifs à* $\mathfrak{A}$ *sont duals* (*H. Poincaré*), *leurs sous-modules* $\mathcal{E}^{p-q,q}$ *et* $\mathcal{E}^{m-p+q-1,n-q+1}$ *étant annulateurs l'un de l'autre.* D'où

$$\mathcal{L}(t,t^*)=t^l t^{*m}\mathcal{L}\left(\frac{1}{t},\frac{1}{t^*}\right);\quad \mathcal{E}(t,t^*)=t^l t^{*m}\mathcal{E}\left(\frac{1}{t},\frac{1}{t^*}\right);\quad \mathcal{D}_r(t,t^*)=t^{l-r}t^{*m-r-1}\mathcal{D}_r\left(\frac{1}{t},\frac{1}{t^*}\right).$$

3. *Cas où l'anneau d'homologie de* π *est le produit direct des anneaux d'homologie de* F *et de* F^*. — Ce cas se présente quand, F *étant connexe* et $\mathfrak{A}$ *étant un corps,* on peut établir entre l'anneau d'homologie d'une fibre fixe et l'anneau d'homologie de la fibre la plus générale F un isomorphisme qui varie continûment avec F, car le $(p, q)^{\text{ième}}$ module d'homologie de π est alors le $q^{\text{ième}}$ module d'homologie de E^* relatif au $p^{\text{ième}}$ module d'homologie de F; il en est en particulier ainsi quand E^* est simplement connexe ou quand F est une sphère qu'on peut orienter continûment. Soient $\mathcal{E}(t)$, $\mathcal{F}(t)$ et $\mathcal{E}^*(t)$ les polynomes de Poincaré de E, F et E^*; soit $\mathcal{E}_\pi(t)$ [et $\mathcal{F}_E(t)$] le polynome dont le coefficient de t^p est le rang du module que constituent les transformées par $\overset{-1}{\pi}$ des classes d'homologie de E^* [les intersections par F des classes d'homologie de E] : avec les notations du n° 1

$$\mathcal{L}(t,t^*)=\mathcal{F}(t)\mathcal{E}^*(t^*);\qquad \mathcal{E}(t,t)=\mathcal{E}(t);\qquad \mathcal{E}(0,t)=\mathcal{E}_\pi(t);\qquad \mathcal{E}(t,0)=\mathcal{F}_E(t);$$

posons $\mathcal{D}(t)=\sum_{r\geq 1} t^r\mathcal{D}_r(t,t)$; *le symbole* $0\leq\mathfrak{A}(t)$ exprimera que le développement de $\mathfrak{A}(t)$ suivant les puissances croissantes de t a des coefficients positifs ou nuls; les formules du n° 1 et les relations

$$\mathcal{L}_r^{p,0}.\mathcal{L}_1^{0,q}\subset\mathcal{L}_r^{p,q}\qquad\text{et}\qquad \mathcal{L}_r^{p,0}.\mathfrak{D}_{r-1}^{0,q}\subset\mathfrak{D}_{r-1}^{p,q}$$

donnent

(5) $$\mathcal{E}(t)=\mathcal{F}(t)\mathcal{E}^*(t)-(1+t)\mathcal{D}(t),\qquad \text{où } 0\leq\mathcal{D}(t);$$

(6) $$1\leq\mathcal{E}_\pi(t)\leq\mathcal{E}^*(t);\qquad \mathcal{E}_\pi(t)\leq\mathcal{E}(t);\qquad 1\leq\mathcal{F}_E(t)\leq\mathcal{F}(t);\qquad \mathcal{F}_E(t)\leq\mathcal{E}(t);$$

(7) $$\mathcal{F}(t)-\mathcal{F}_E(t)\leq\mathcal{D}(t)\leq[\mathcal{F}(t)-\mathcal{F}_E(t)]\mathcal{E}^*(t);$$

(8) $$\mathcal{F}_E(t)[\mathcal{E}^*(t)-\mathcal{E}_\pi(t)]\leq\mathcal{D}(t).$$

D'où les inégalités suivantes entre $\mathcal{E}(t)$, $\mathcal{F}(t)$ et $\mathcal{E}^*(t)$:

(9) $$\frac{1-t[\mathcal{F}(t)-1]}{1+t}\mathcal{E}^*(t)\leq\frac{\mathcal{E}(t)}{1+t}\leq\frac{\mathcal{F}(t)\mathcal{E}^*(t)}{1+t}$$

---

[3] C'est-à-dire : chacun de ces modules est le groupe des caractères de l'autre; ils sont isomorphes.

et plus particulièrement

$$(10)\qquad \{1 - t[\mathcal{F}(t) - 1]\}\,\mathcal{E}^*(t) \leqq \mathcal{E}(t) \leqq \mathcal{F}(t)\,\mathcal{E}^*(t);$$

$$(11)\qquad \mathcal{E}^*(t) \leqq \frac{\mathcal{E}(t)}{1 - t[\mathcal{F}(t) - 1]}.$$

M. G. Hirsch m'a signalé qu'il a obtenu (5) par un autre procédé. Dans le cas particulier où F est une sphère, (5) et un corollaire de (11) furent établis par M. W. Gysin; le raisonnement de M. Gysin utilise un homomorphisme qui généralise l'invariant que M. H. Hopf a attaché à une représentation d'une sphère à $4k-1$ dimensions dans une multiplicité à $2k$ dimensions [4]; l'invariant de M. Hopf et l'homomorphisme de M. Gysin peuvent être rattachés à notre homomorphisme Δ_t.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Facultad de Ingenieria. Montevideo. *Publicaciones del Instituto de matematica y estadistica*, vol. 1, nos 1, 2, 3.

2° *Les prix Nobel en* 1940-1944.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques inégalités pour les dérivées des fonctions d'une variable réelle et pour les différences des suites.* Note [1] de M. **Nikola Obrechkoff**, présentée par M. Paul Montel.

Dans une Note récente, nous avons démontré quelques inégalités pour les fonctions d'une variable réelle définies pour $x > a$. De nos théorèmes, on peut tirer encore le résultat suivant :

I. *Soient $f(x)$ et $\varphi(x)$ deux fonctions qui, pour $x > a$, admettent des dérivées $f^{(n)}(x)$ et $\varphi^{(n)}(x)$ intégrables dans chaque intervalle (a, X), $X > a$, $\varphi^{(n)}(x)$ étant toujours non négative pour $x > a$. Supposons que, pour $x > a$, on ait*

$$(1)\qquad f^{(n)}(x) \leqq \varphi^{(n)}(x)$$

et que, pour une suite $y_1, y_2, y_3, \ldots$, de nombres croissant indéfiniment et pour un nombre entier m $(0 \leqq m < n)$, les limites

$$\lim_{p \to \infty} \frac{f(y_p)}{y_p^m} = A, \qquad \lim_{p \to \infty} \frac{\varphi(y_p)}{y_p^m} = A_1$$

---

[4] H. Hopf, *Fund. math.*, 25, 1935, p. 427; W. Gysin, *Comm. math. helv.*, 14, 1941, p. 112, th. 35 et 34.

[1] Séance du 26 août 1946.

existent. Alors on a, pour $x > a$,

(2) $$(-1)^{n-m}[f^{(m)}(x) - \varphi^{(m)}(x) - m!(A - A_1)] \leqq 0.$$

Si dans (2) *l'égalité a lieu pour $x = x_0$, elle aura lieu pour $x \geqq x_0$*. Par exemple, de $f(y_p) \to 0$, $y_p \to -\infty$ et $f^{(n)}(x) \leqq e^x$, $x \leqq 0$, on a $f(x) \leqq e^x$ pour $x \leqq 0$. Si encore $f(0) = 1$, on a $f(x) = e^x$.

Soient $n_0, n_1, \ldots, n_p$ une suite de nombres entiers croissants et (a_n) une suite arbitraire. Nous démontrons la formule

$$\sum_{i=0}^{p} \frac{a_{n_i}}{F'(n_i)} = \sum_{i=n_0}^{n_p-p} \lambda_i \Delta^p a_i, \qquad F(x) = \prod_{i=0}^{p} (x - n_i), \qquad \Delta^k a_i = \Delta^{k-1} a_{i+1} - \Delta^{k-1} a_i,$$

où les nombres λ_i sont indépendants de la suite (a_n), sont positifs et

$$\Sigma \lambda_i = \frac{1}{p!}.$$

De cette formule, on peut tirer de la même manière des résultats analogues.

II. Soient (a_n) et (b_n) deux suites de nombres, $n = 1, 2, 3, \ldots$. Supposons que pour une valeur de n, on ait $\Delta^n a_i \leqq \Delta^n b_i$, $i \geqq q$, les différences $\Delta^n b_i$ étant non négatives pour $i \geqq q$. Supposons encore qu'il existe des nombres entiers n_i croissant indéfiniment, tels que les rapports a_{n_i}/n_i^m et b_{n_i}/n_i^m tendent vers zéro lorsque $n_i \to \infty$, m étant un nombre entier, $(0 \leqq m < n)$. Alors, pour $i \geqq q$, on a

(3) $$(-1)^{n-m} \Delta^m (a_i - b_i) \leqq 0.$$

Si de plus, $\Delta^m a_q = \Delta^m b_q$, on a le signe d'égalité dans (3) pour $i \geqq q$.

Du théorème I, on obtient pour l'équation différentielle

(4) $$y^{(n)} = f(x, y),$$

le résultat suivant :

III. *Supposons que la fonction $f(x, y)$ continue pour $a < x < A$, $|y| < B$, A, B arbitraires, satisfasse, pour $x > a$, à la condition suivante*

(5) $$|f(x, y)| < \Phi(x)|y|,$$

l'intégrale

(6) $$G(x) = \int_x^{\infty} t^{n-1} \Phi(t)\, dt$$

étant convergente. Alors, chaque intégrale $y(x)$, qui, pour $x \to \infty$, satisfait à la condition $|y(x)| < \mathfrak{M} x^m$, m étant un nombre entier $(0 \leqq m \leqq n-1)$, n'est pas oscillatoire pour $x \to \infty$. De plus, si une telle intégrale $y(x)$ s'annule pour m valeurs assez grandes de x, le rapport $y(x)/x^m$ doit tendre vers une limite différente de zéro.

Réciproquement, on a le théorème :

IV. *Supposons que la fonction $f(x, y)$, continue pour $a < x < A$, $|y| < B$*

satisfasse aux conditions suivantes

$$f(x, 0) = 0, \qquad |f(x, y) - f(x, z)| < \Phi(x)|y - z|,$$

l'intégrale (6) *étant supposée convergente. Alors, l'équation* (4) *admet n intégrales* $y_0(x), y_1(x), \ldots, y_{n-1}(x)$, *possédant la propriété* $\lim_{x\to\infty} y_m^{(m)}(x) = 1$. *De plus, si* x_0 *est choisi de façon que* $G(x_0) < m!(n-m-1)!$, *pour* $x \geqq x_0$, *on a*

$$|y_m^{(m)}(x) - 1| < \frac{G(x)}{m!(n-m-1)! - G(x_0)}.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les intégrales singulières.* Note [1] de M. **Zygmunt Zahorski** [2], présentée par M. Arnaud Denjoy.

Je considère les opérations du type

$$g(x) = \lim_{s\to\infty} g(s, x) \quad \text{avec} \quad g(s, x) = \int_a^b f(x+t)\,K(s, t)\,dt, \qquad -\infty < a < 0 < b < +\infty,$$

et $s \in S$, S étant un ensemble de nombres réels non borné supérieurement, le noyau $K(s, t)$ satisfaisant à certaines des conditions suivantes :

$$(1) \qquad \int_a^b K(s, t)\,dt = 1,$$

$$(2) \qquad K(s, t) \geqq 0,$$

$$(3) \qquad \int_a^b |K(s, t)|\,dt < C,$$

$$(4) \qquad \lim_{s\to\infty}\left[\int_a^{-\delta} + \int_\delta^b |K(s, t)|\,dt\right] = 0,$$

pour tout $\delta > 0$,

$$(5) \qquad \lim_{s\to\infty}\left(\sup_{t\in\Delta} |K(s, t)|\right) = 0,$$

pour tout $\delta > 0$, où $\Delta = [a, -\delta] + [\delta, b]$,

$$(6) \qquad |K(s, t)| < C(\delta),$$

pour tout s, tout $t \in \Delta$, $\delta > 0$,

$$(7) \qquad \int_a^b \mathcal{K}(s, t)\,dt < C',$$

où $\mathcal{K}(s, t) = \sup_{\theta\in[a,t]} |K(s, t)|$ pour tout $t \in [a, 0]$, $\mathcal{K}(s, t) = \sup_{\theta\in[t,b]} |K(s, t)|$ pour

(1) Séance du 12 août 1946.

(2) Les manuscrits où mes résultats avaient été consignés pour la première fois ont été brûlés par les Allemands à Varsovie.

tout $t \in (0, b]$,

$$(7^*) \qquad K(s, t) = \mathcal{K}(s, t),$$

$$(8) \qquad |K(s, t)| < C(s).$$

Ces conditions ne sont pas indépendantes, à savoir $(1).(2) \to (3)$, $(5) \to (4)$, $(7^*).(1) \to (7)$, $(7) \to (3)$, $(7) \to (6)$.

La proposition $f(x)$ *est intégrable avec* F ne sera employée que pour les fonctions $F(y) \geqq 0$ déterminées pour tout $y \geqq 0$, finies et non décroissantes, en ce sens que $\int_u^v F(|f(t)|)\,dt < +\infty$, pour tout u et v finis.

a. Lorsque le noyau satisfait aux conditions (1), (4) et (7), pour toute fonction f sommable L on a $f(x) = g(x)$ pour presque tout x. Si $K(s, t)$ satisfait à (1), (4) et (7^*), de $\lim_{h \to 0} \frac{1}{h} \int_0^h f(x+t)\,dt = +\infty$ résulte $g(x) = +\infty$.

Si $K(s, t)$ satisfait à la condition (8), alors l'ensemble

$$\left\{ \overline{\lim_{s \to \infty}}\, g(s, x) > \underline{\lim_{s \to \infty}}\, g(s, x) \right\}$$

est $G_{\delta\sigma}$, l'ensemble

$$\left\{ \overline{\lim_{s \to \infty}}\, g(s, x) - \underline{\lim_{s \to \infty}}\, g(s, x) = +\infty \right\}$$

est G_δ. Pour les fonctions f bornées, ce théorème subsiste sans supposer (8).

b. Pour tout système fini de noyaux $K_1(s, t)$, $K_2(s, t)$, ..., $K_n(s, t)$ satisfaisant à (1), (4) et (7), pour tout système d'ensembles non bornés supérieurement S_1, S_2, ..., S_n, et pour tout ensemble M du type $G_{\delta\sigma}$ et de mesure nulle, il existe une fonction bornée $f(x)$ telle que $\overline{\lim_{s \to \infty}}\, g_i(s, x) > \underline{\lim_{s \to \infty}}\, g_i(s, x)$ quand $s \in S_i$ pour tout $x \in M$ et $i = 1, 2, \ldots, n$,

$$g_1(x) = g_2(x) = \ldots = g_n(x) = f(x)$$

pour tout $x \bar{\in} M$.

c. Il existe un noyau $K(s, t)$ satisfaisant à toutes les conditions (1)-(8), excepté (7) et (7^*), une fonction mesurable, bornée $f(t)$ et un ensemble Z de mesure positive tel que pour tout $x \in Z$, $\overline{\lim_{s \to \infty}}\, g(s, x) > \underline{\lim_{s \to \infty}}\, g(s, x)$ pour $S = (1, 2, 3, \ldots)$.

d. Pour tout système fini de noyaux $K_1(s, t)$, $K_2(s, t)$, ..., $K_n(s, t)$ satisfaisant à (1), (4), (7) et pour tout système d'ensembles non bornés supérieurement S_1, S_2, ..., S_n de nombres réels, pour tout ensemble M du type G_δ de mesure nulle et pour toute fonction $F(y)$, il existe une fonction finie $f(t)$, intégrable avec F, telle que $g_1(x) = g_2(x) = \ldots = g_n(x) = f(x)$ pour tout $x \bar{\in} M$, $\left\{ \overline{\lim_{s \to \infty}}\, g_i(s, x) - \underline{\lim_{s \to \infty}}\, g_i(s, x) = +\infty \right\} = M$, lorsque $s \in S_i$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$.

e. Pour tout ensemble M du type G_δ et de mesure nulle, et pour toute fonction $F(y)$, il existe une fonction $f(x)$ intégrable avec F et approxima-

tivement continue et une fonction $\varphi(x)$ absolument continue telle que pour tout noyau $K(s, t)$ satisfaisant aux (1), (4), (7), pour S quelconque et pour tout x on ait $g(x) = \varphi'(x) = f(x)$, $1 < f(x) < +\infty$ pour tout $x \overline{\in} M$, $f(x) = +\infty$ pour tout $x \in M$.

Aux conditions (1), (4), (7) et (8) satisfont en particulier les noyaux de Fejer, Poisson, de la sommation des séries de Fourier par la méthode (C, r), $r > 0$, le noyau de la dérivée à droite, $K(s, t) = s$ pour tout $t \in (0, 1/s)$, $K(s, t) = 0$ pour tout $t \overline{\in} (0, 1/s)$, de la dérivée à gauche, $K(s, t) = s$, pour tout $t \in [0, -(1/s)]$, $K(s, t) = 0$ pour tout $t \overline{\in} [-(1/s), 0]$ et de la dérivée symétrique $K(s, t) = s$ pour tout $t \in [-1/(2s), 1/(2s)]$, $K(s, t) = 0$ pour tout $t \overline{\in} [-1/(2s), 1/(2s)]$. Il en résulte, en posant dans b, $n = 3$, l'existence d'une fonction satisfaisant à la condition de Lipschitz, dérivable pour tout $x \overline{\in} M$ et n'admettant de dérivée, ni à droite, ni à gauche. La condition $G_{\delta\sigma}$ de mesure nulle est pour M nécessaire et suffisante. (Je l'ai démontré par une autre méthode n'assurant pas la non-existence de la dérivée unilatérale, en 1938.) La même condition est nécessaire et suffisante pour qu'un ensemble soit l'ensemble des points de non-sommabilité de la série de Fourier par la méthode de Fejer, Poisson etc. [Démontré pour les noyaux de Fejer et Poisson au mois de mars 1941, pour les noyaux plus généraux en septembre 1942; le résultat d, sans relation avec les noyaux et la fonction F, obtenu au mois de mai 1940; j'ai envoyé la communication contenant ces résultats en mai 1941 de Lwów (Léopol) à la rédaction de *Tôhoku Math. Journal;* je ne sais pas si elle a été reçue. C'est la réponse positive à une question posée par M. V. Jarnik (*Tôhoku*, 37, 1933, pp. 248-253).]

CHIMIE MINÉRALE. — *Sels mixtes. Dérivés des chlorure, bromure et iodure de plomb.* Note [1] de Mlle **Irène Delgery**, transmise par M. Paul Pascal.

La recherche par différentes méthodes des sels mixtes formés par les halogénures de plomb a donné des résultats souvent contradictoires. En utilisant l'analyse thermique différentielle suivie avec soin, et en protégeant les produits utilisés de l'oxydation par un courant d'azote, nous avons obtenu les résultats suivants :

A. Étude des mélanges binaires. — Cette étude a déjà été signalée en partie dans les *Comptes rendus de l'Académie* du 25 mars 1946.

1° *Diagramme* $Cl_2Pb—Br_2Pb$. — Herty et Boggs, en 1897 [2], avaient formé des mélanges isomorphes par voie humide, sans trouver de combinaison définie. D'autre part, Mönkenneyer [3] affirmait en 1906 que les mélanges

[1] Séance du 29 juillet 1946.
[2] *J. Amer. Chem. Soc.*, **19**, 1897, p. 820.
[3] *N. J. B. Min. Beil. Bol.*, **22**, 1906, p. 1.

Cl_2Pb—Br_2Pb ne formaient qu'une série de cristaux mixtes. Cependant Thomas en 1899 ([4]) préparait deux composés ClBrPb et $3Cl_2Pb$, Br_2Pb.

L'analyse thermique nous démontre l'existence des deux composés de Thomas, ClBrPb isomorphe avec Br_2Pb et fondant à 450°, et $3Cl_2Pb$, Br_2Pb, décomposable avant fusion à 478°, prévu par A. Wachter, en 1932 ([5]). Ces deux composés sont séparés par un eutectique E_1 fondant à 380° et voisin de la composition moléculaire $9Br_2Pb$, $16Cl_2Pb$.

2° *Diagramme* Cl_2Pb—I_2Pb. — En 1885, Lehmann ([6]) n'avait pu obtenir que des cristaux mixtes. Mönkenneyer, en 1906 ([2]), signale un eutectique à 306° pour 23 % de Cl_2Pb et donne 358° pour point de fusion de I_2Pb. Pélabon et Laude, en 1929 ([7]), fixent ce point de fusion à 380° et signalent un eutectique à 338° pour 35 % de I_2Pb.

L'analyse thermique sous azote nous a montré la formation du composé défini nouveau $2I_2Pb$, $3Cl_2Pb$, fondant à 360° et séparé des deux constituants par deux eutectiques; E_2 pour 35 % de Cl_2Pb et 65 % de I_2Pb fondant à 326°, et E'_2 pour 64 % de Cl_2Pb et 36 % de I_2Pb fondant à 338°.

Ces mélanges binaires fournissent des phases solides dont le caractère cristallin est particulièrement marqué.

3° *Diagramme* I_2Pb—Br_2Pb. — Ici encore, Herty et Boggs ([2]) concluaient à la formation de mélanges isomorphes. Cependant Thorpes, en 1888 ([8]), relatait l'existence de PbBrI; PbI_2, $6PbBr_2$; PbI_2, $3PbBr_2$. En 1893, Mlle Field ([9]) signalait PbI_2, $2Br_2Pb$, tandis que Thomas ([10]) préparait $3Br_2Pb$, I_2Pb. Mönkenneyer ([2]), pour la courbe de solidification, n'obtenait que deux droites, avec un eutectique à 256°, pour 51 % de Br_2Pb.

L'analyse thermique donne des résultats tout à fait différents quand on protège l'iodure de l'oxydation.

On vérifie l'existence de deux composés $2I_2Pb$, $3Br_2Pb$ fondant à 366° et I_2Pb, $3Br_2Pb$ isomorphe avec Br_2Pb, fondant à 388°. Ce dernier avait déjà été signalé; par contre les composés tels que BrIPb; I_2Pb, $6Br_2Pb$ ou PbI_2, $2Br_2Pb$ n'ont pas été décelés.

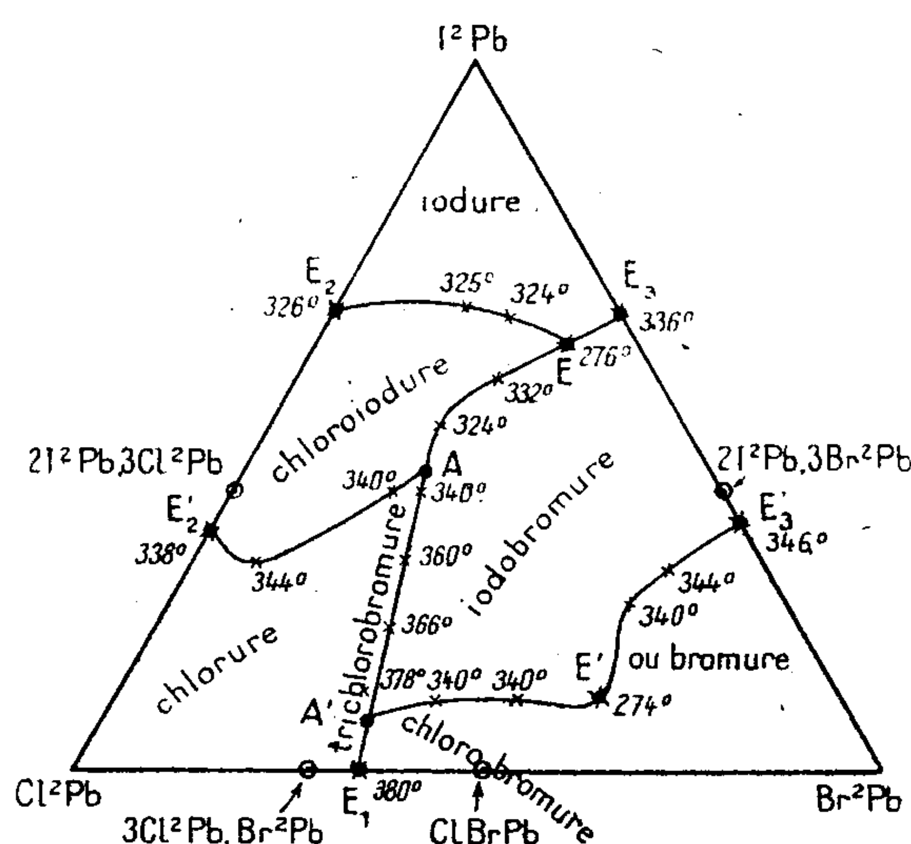
Nous avons deux eutectiques E'_3 et E_3 à composition moléculaire très symétrique, voisine de $7Br_2Pb$, $13I_2Pb$ fondant à 336° et $7I_2Pb$, $13Br_2Pb$ fondant à 346°.

B. Étude du mélange ternaire. — Cl_2Pb—Br_2Pb—I_2Pb. — Il ne semble

([4]) *Comptes rendus*, **128**, 1899, p. 1234.
([5]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 54, 1932, pp. 2271 et 2278.
([6]) *Zeits. Krist.*, **10**, 1885, p. 340.
([7]) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 45, 1929, p. 488.
([8]) *Am. Ch. Journ.*, **10**, 1888, p. 232.
([9]) *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, **19**, 1898, pp. 488 et 691.
([10]) *Chemical News*, **62**, 1893, p. 157.

pas qu'on rencontre de composé ternaire. Seul l'eutectique voisin de $1\,Cl_2Pb—3Br_2Pb—6I_2Pb$ et fondant à 276° a été mis en évidence.

En utilisant des sections de la surface du liquidus parallèles aux côtés du triangle, on a pu obtenir le profil des vallées et délimiter les zones de formation des cristaux de différents types. Ainsi, dans la zone médiane, se forment des cristaux isomorphes de l'iodobromure, ce qui est noté sur la figure par *iodobromure*.

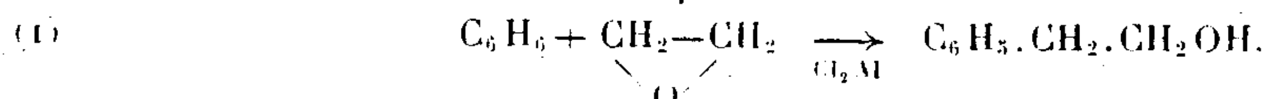


La forme des vallées est assez dissymétrique. En E on a un point eutectique; en A et A′ des points bas péritectiques; en E′ un minimum.

Nous pouvons conclure que les composés définis, faciles à former avec des mélanges binaires, sont inexistants en mélanges ternaires malgré la symétrie des formules des différentes combinaisons binaires.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'oxyde d'éthylène sur les hydrocarbures benzéniques.* Note ([1]) de MM. **Jean Colonge** et **Paul Rochas**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'oxyde d'éthylène réagit sur les hydrocarbures et plus spécialement sur les hydrocarbures aromatiques à condition d'opérer en présence de catalyseurs comme le chlorure d'aluminium, le chlorure ferrique, le fluorure de bore etc.; vers 0°, il se forme des aryléthanols; le benzène, par exemple, conduit à l'alcool phényléthylique [réaction (1)], tandis qu'à température plus élevée, cet alcool réagit sur une deuxième molécule d'hydrocarbure et il se fait un diaryléthane symétrique [réaction (2)].



(1) $C_6H_6 + CH_2—CH_2\ (—O—) \xrightarrow[Cl_3Al]{} C_6H_5.CH_2.CH_2OH.$



(2) $C_6H_5.CH_2.CH_2OH + C_6H_6 \rightarrow H_2O + C_6H_5.CH_2.CH_2.C_6H_5.$

([1]) Séance du 26 août 1946.

Or, si la première réaction est mentionnée dans un petit nombre de Mémoires (²), avec des rendements de 1 à 5 % de la théorie, par contre, de nombreux brevets, que nous ne pouvons citer ici, la revendiquent, mais ils ne précisent que très sommairement les conditions opératoires et ils n'indiquent ni rendements, ni constitution des isomères possibles. Cette Note apporte quelques précisions complémentaires sur la préparation et sur la nature des aryléthanols obtenus avec l'oxyde d'éthylène et divers carbures benzéniques en présence de chlorure d'aluminium.

MODE OPÉRATOIRE. — Tous nos essais ont été conduits de la façon suivante : l'oxyde d'éthylène (1^{mol}) est dissous dans un certain volume (4 à 5^{mol}) de l'hydrocarbure benzénique mis en œuvre; la solution est ajoutée goutte à goutte au mélange de chlorure d'aluminium pulvérisé ($0^{mol},9$) et d'hydrocarbure (5 à 6^{mol}); la quantité totale d'hydrocarbure doit être de 10 à 11^{mol}; on agite mécaniquement et la température doit être maintenue entre 0° et + 5°; après quelques heures de repos, la masse réactionnelle est versée sur un mélange de glace et d'acide chlorhydrique; enfin, la couche benzénique est distillée.

RÉSULTATS. — Les rendements en aryléthanols, calculés à partir de l'oxyde d'éthylène, sont les suivants :

Benzène, alcool phényléthylique $É_{20}$ 117° 45 %; *toluène*, alcools tolyléthyliques $É_{17}$ 122°-126° 50 %; *éthylbenzène*, alcools éthylphényléthyliques $É_{15}$ 128-133° 45 %; *xylènes*, alcools xylyléthyliques $É_{16}$ 139°-140° 54 %; *anisol*, alcools méthoxyphényléthyliques $É_{15}$ 128°-132° 34 %.

Avec les *chloro-*, *bromo-*, *nitrobenzène* et le *p*-chlorotoluène, résultats négatifs.

CONSTITUTION DES ALCOOLS OBTENUS. — 1° A partir du *toluène*. Contrairement aux observations de Matsui (²) nous obtenons les trois alcools tolyltéthyliques dont les proportions ont été déterminées comme suit : un certain poids d'alcools est oxydé par la quantité théorique de permanganate de potassium de façon à former les acides phtaliques correspondants (rendement : 70 à 90 % de la théorie); l'acide *o*-phtalique, beaucoup plus soluble dans l'eau que ses isomères, est séparé aisément, puis on soumet le mélange d'acides *m*- et *p*-phtaliques à une estérification fractionnée par l'alcool méthylique en présence d'acide sulfurique; on obtient après une heure de chauffage à 85° le *p*-phtalate de méthyle F 66°, tandis que le *m*-phtalate de méthyle F 139° n'est obtenu qu'après deux heures de chauffage à 100°. On trouve finalement 57 % d'alcool *ortho-*, 28 % d'alcool *para-* et 15 % d'alcool *méta*-tolyléthylique.

2° A partir de l'*éthylbenzène*. Le procédé précédent, appliqué au mélange d'alcools éthylphényléthyliques, montre qu'il existe 43 % d'*ortho*, 40 % de *para* et 17 % de *méta*.

3° A partir des *xylènes*. Nous avons utilisé un xylène préalablement purifié (É. 137-140°) renfermant surtout du métaxylène et un peu de paraxylène. Le mélange d'alcools a été transformé en phényluréthanes; par cristallisations successives on a pu isoler, d'une part, 75 % de phényluréthane (F 125°) du diméthyl-2.4 phényléthanol et, d'autre part, 25 % des phényluréthanes inséparables du diméthyl-3.5 phényléthanol et du diméthyl-2.5 phényléthanol.

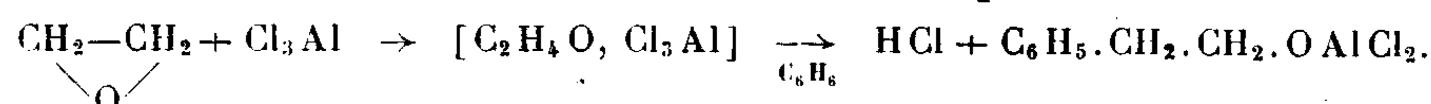
4° A partir de l'*anisol*. Le mélange d'alcools méthoxyphényléthyliques est oxydé par le permanganate de potassium (rendement 50 % environ); les acides méthoxyben-

---

(²) SCHARSCHMIDT, HERMANN et SZEMZÖ, *Ber. d. chem. Ges.*, 58, 1925, p. 1914; SCHMIDT et NATHELSON, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 3476; MATSUI, *Journ. Soc. Chem. Ind. Japan*, B, 44, 1941, pp. 89 et 107.

zoïques sont ensuite séparés par cristallisations fractionnées; pourcentages approximatifs : 60 d'*ortho*, 30 de *para* et 10 de *méta*.

Conclusions. — 1° Les meilleurs rendements en alcools aryléthyliques, voisins de 50 % de la théorie, sont obtenus pour les proportions de réactifs indiquées; on retrouve dans les eaux-mères 35 à 45 % de l'oxyde d'éthylène sous forme de chloréthanol; ceci s'explique si l'on admet que l'oxyde donne d'abord avec le chlorure métallique un complexe qui réagit ensuite sur l'hydrocarbure en libérant de l'acide chlorhydrique, lequel se combine à de l'oxyde d'éthylène pour donner du chloréthanol qui, ainsi que nous l'avons vérifié, ne participe pas aux réactions dans les conditions indiquées.



2° Avec les hydrocarbures ayant des chaînes latérales hydrocarbonées, il se fait simultanément les isomères prévus par la théorie.

3° L'introduction d'halogène ou d'un groupement nitré sur le noyau benzénique inhibe la réaction.

GÉOLOGIE. — *Tourbes et histoire forestière à Guines, près de Calais.* Note (1) de M. **Georges Dubois** et Mme **Camille Dubois**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Le marais de Guines (2) est un coin de la Plaine maritime flamande protégé par plusieurs anciens caps et par le cordon de galets des Pierrettes (3), où l'invasion marine post-gallo-romaine du Flandrien supérieur ne parvint pas à provoquer une sédimentation importante de vases et sables poldériens. Alors que ces dépôts atteignent ailleurs 1 à 5m et sont dépourvus de restes végétaux, ici, au pied des pentes crayeuses artésiennes de la Forêt de Guines et du Camp du Drap d'Or, ces dépôts n'atteignent que rarement 1m et sont presque toujours entremêlés de lits humiques ou franchement tourbeux presque jusqu'à la surface du sol. Ce fait exceptionnel nous permet d'établir l'histoire forestière flandrienne des confins artésiens et flamands jusqu'à une époque très récente, sensiblement médiévale.

Actuellement le Marais, en grande partie asséché, est presque chauve. La forêt de Guines, à quelques kilomètres au Sud, est composée de *Quercus*, *Fagus*, *Carpinus* et autres feuillus (4).

Nous avons pu utiliser les résultats qui se dégagent de l'étude des échantillons de 10 sondages que nous avions implantés, en 1925, au nord de Guines jusque dans les parages de la Rivière-Neuve, du Canal du Vinfil, du Pont-aux-Étoupes,

(1) Séance du 26 août 1946.

(2) P. Pruvost et G. Dubois, *Feuilles géologiques au* 1/80000, 3, Boulogne, 1928, 3e éd.; J. Gosselet, L. Dollé et M. Leriche, 4, Saint-Omer, 1914, 2e éd.

(3) G. Dubois, *Feuille géologique au* 1/80000, 1-2, Calais-Dunkerque, 1939, 2e éd.

(4) L. Daubrée, *Statistique et Atlas des forêts de France*, 1912, p. 105.

des fermes Vampouille et des Marmousets, et de l'Écluse-Carrée. L'altitude au sol y est un peu moindre que 2^m au Sud, elle s'élève au Nord plus haut que $2^m,50$ où les couches marines flandriennes supérieures deviennent franches et épaisses.

Nos sondages ont été poussés à plusieurs mètres de profondeur; mais la profondeur utile quant aux tourbes pollinifères recueillies n'a pas dépassé $2^m,60$. De ce que nous savons déjà de la géologie de la Plaine maritime, il y a lieu d'admettre qu'à cette profondeur, on touche des lits d'âge flandrien moyen, sensiblement néolithique ou de peu post-néolithique.

La tourbe se présente en un ou plusieurs bancs épais et en lits minces.

C'est une tourbe typique de bas-marais, avec débris d'épidermes, de bois (*Alnus*, Gymnospermes), radicelles de Cypéracées, épidermes de rhizomes et feuilles de *Phragmites*, vaisseaux scalariformes, feuilles d'Hypnacées, pollens ou spores de Graminées-Cypéracées, *Typha*, Chénopodiacées, Fougères. Les fragments de tissus d'*Eriophorum* et de *Sphagnum*, les spores de *Sphagnum* et les pollens d'Ericacées sont très rares. Débris de Diatomées rares. Foraminifères, parfois dans la tourbe franche, remaniés de la craie voisine.

Les pollens silvatiques sont généralement rares, sauf à quelques niveaux qui en reçurent d'exubérantes bouffées provenant d'Aulnaies immédiatement voisines, parfois même de Chênaies plus lointaines. Les arbres représentés polliniquement sont, pour l'ensemble des niveaux polliniféres des 10 sondages, et par ordre de fréquence : *Alnus* très abondant, *Quercus* assez abondant, *Tilia*, *Pinus*, *Fagus*, *Ulmus*, *Carpinus*.

Nous distinguons 4 *zones paléosilvatiques* :

1° de faible fréquence pollinique (fréquence relative 0 à 40), à *Quercus*, *Tilia*, *Alnus*, *Fagus*, *Pinus* ($2^m,60$ à 2^m environ);

2° de haute fréquence pollinique (fr. relat. 0 à 1225) à *Alnus* avec *Quercus*, *Tilia*, *Pinus*, *Fagus*, *Ulmus* (de 2^m env. à $0^m,50$ env.);

3° de moindre fréquence pollinique (fr. relat. 0 à 50) quoique sensiblement de même composition que la zone 2 (de $0^m,50$ env. à $0^m,20$);

4° sans pollen (de $0^m,20$ à 0^m).

L'histoire forestière semble débuter ici vers la limite de l'Atlantique ou du Subboréal ou pendant le Boréal même, vers la fin de la phase classique de la Chênaie mixte (zone 1). Les zones 2, 3 et 4 représentent le Subatlantique, y compris les temps gallo-romains et médiévaux marqués de raréfaction forestière (zones 3 et 4).

La pullulation d'*Alnus* surtout nette au Subatlantique est un caractère paléosilvatique de l'Europe nord-occidentale, bien connu en Angleterre par exemple.

Avec cette différence toutefois qu'à Guines, *Ulmus* est pratiquement absent et *Betula* inconnu, nous sommes amenés à paralléliser nos zones 2 à 4 avec la zone paléosilvatique VIII à *Alnus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Betula*, *Fagus*, définie par H. Godwin (5) en Fenland.

(5) *The New Phytologist*, 39, 1940, IV, pp. 370-400, fig. 11.

PHYSIOLOGIE. — *Conditions préliminaires d'une théorie de la narcose par les narcotiques indifférents.* Note ([1]) de MM. **Pierre Gavaudan**, **Maurice Dode** et Mlle **Hélène Poussel**.

Les recherches récentes ([2]) ont montré que l'irritabilité nerveuse, la division cellulaire, la photosynthèse sont inhibées dans des conditions analogues par les narcotiques indifférents d'Overton, si bien que l'on peut considérer ces diverses inhibitions comme des manifestations différentes d'une même perturbation cytoplasmique très générale. Ces inhibitions fonctionnelles sont en effet plutôt le reflet de l'action exercée sur les propriétés du protoplasme que la conséquence d'une action directe exercée *in situ* sur les dispositifs cellulaires qui interviennent spécialement dans une fonction physiologique particulière. Ainsi, bien que l'arrêt de la caryocinèse soit la conséquence d'une modification du fuseau, celle-ci doit dépendre elle-même d'une altération cytoplasmique plus générale et qui est la véritable cause du phénomène.

La narcose peut donc être définie comme la modification d'une certaine structure ou d'une certaine activité cytoplasmique commune à tous les types cellulaires et indispensable à l'exercice de ce que nous nommons *activités fonctionnelles*. Cette définition est voisine de celle de Claude Bernard ([3]) : *les anesthésiques généraux ont la faculté de suspendre l'activité du protoplasme, de quelque nature qu'elle soit et de quelque manière qu'elle se manifeste*. Mais elle en diffère en ce qu'elle n'établit pas, comme le faisait Cl. Bernard, une distinction entre le *vital* et le *non vital* : par exemple, la mito-inhibition respecte les phénomènes de multiplication chromosomiques, auxquels on ne peut refuser le caractère de *vitalité*, tout en inhibant les phénomènes mécaniques de la division cellulaire.

Toute théorie de la narcose doit donc éviter de se fonder sur la modification de l'un quelconque des mécanismes dont l'inhibition nous révèle une perturbation protoplasmique plus générale. En un mot, une théorie de la narcose ne peut être construite en s'appuyant uniquement sur des dispositifs spéciaux au fuseau de caryocinèse, à la cellule nerveuse ou au chloroplaste.

D'autre part, qu'elle qu'en soit l'expression principale, la narcose est souvent accompagnée de modifications de la cellule vivante telles que variations du métabolisme, de la perméabilité, de l'hydratation, de la viscosité, et diverses théories de la narcose ont considéré qu'elle dépendait de ces phénomènes.

([1]) Séance du 19 août 1946.

([2]) *a*. P. Gavaudan, *Bull. Muséum Hist. Nat.*, Marseille, **1**, 1941, p. 3; *b*. P. Gavaudan, M. Dode et H. Poussel, *Mém. des Ind. Chim. de l'État*, **31**, 1944, p. 214; *c*. A. Levan et G. Ostergreng, *Hereditas, a*, **29**, 1943, pp. 381-442; *b*, **29**, pp. 396-398; *d*. P. Gavaudan et G. Brebion, *Rec. des Trav. Scient. de la Station du Bouchet*, fasc. **2**, 1946.

([3]) Cl. Bernard, *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et végétaux*, Paris, 1878.

Mais il est arbitraire de choisir *a priori*, pour lui attribuer un rôle causal, l'une des modifications visibles de la cellule narcosée, car celles-ci peuvent elles-mêmes être considérées comme autant d'expressions de la narcose et sont liées les unes aux autres de telle façon qu'il est impossible d'établir entre elles des relations chronologiques exactes de cause à effet.

Les théories lipoïdiques et de l'adsorption ont au contraire une position très différente, car elles expriment seulement, de façon quantitative, les règles expérimentales qui définissent les conditions dans lesquelles se produit la narcose : règle de Meyer et Hemmi ([4]), constance de la concentration en narcotique dans les lipoïdes au moment de la narcose; règle de J. Ferguson ([5]); constance, au moment de la narcose, de l'activité thermodynamique du narcotique, quel que soit celui-ci, ce qui implique d'ailleurs, comme nous l'avons montré ([2b]), une constance de la concentration narcotique dans les lipoïdes au moment de la narcose; règle de Traube, parallélisme entre l'activité narcotique et le pouvoir tensio-actif de certains narcotiques.

Ces règles ne sont d'ailleurs pas des théories explicatives; elles définissent seulement les conditions de la narcose et ne font que décrire comment le narcotique se fixe, en fonction de l'état thermodynamique du système, qu'il s'agisse ou non d'un phénomène de dissolution ou d'adsorption.

Pour établir, à partir de ces règles, une théorie de la narcose, il faut donc préciser la nature du substrat où le narcotique vient exercer son action et montrer que, à activité thermodynamique constante, il y provoque une modification réversible donnée, indépendante de la nature du narcotique : par sa simple présence, le narcotique doit provoquer une même modification du milieu cellulaire, solvant ou adsorbant, et ceci lorsque l'activité thermodynamique du narcotique atteint une valeur définie, indépendante de sa nature particulière. C'est là un point fondamental, et toute théorie de la narcose doit prouver sa compatibilité avec ces exigences thermodynamiques.

Nous verrons ultérieurement qu'une théorie très voisine de celle d'Overton-Meyer peut remplir ces conditions nécessaires que nous venons de préciser.

La séance est levée à 15h20m.

L. B.

([4]) *Bioch. Zeits.*, 277, 1935, p. 39.
([5]) *Proceed. Roy. Soc.*, B, 127, 1939, pp. 387-403.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 SEPTEMBRE 1946.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *Sur un nouveau cas de formation de tridymite par fusion d'une enclave quartzique d'un volcan andésitique* (*Tanna des Nouvelles-Hébrides*). Note de M. **Alfred Lacroix.**

Au cours des longs mois que j'ai consacrés en 1902-1903 à l'étude de l'apparition, puis du développement du dôme du volcan de la Montagne Pelée, je me suis attaché à étudier les conditions de la formation de la tridymite, puis du quartz dans une lave dacitique, renfermant 20 % de silice libre potentielle. Je suis arrivé à cette conclusion (¹) que ce minéral ne se forme pas dans la pâte du magma en fusion, mais qu'il s'est produit, aux dépens du verre de celui-ci une fois consolidé, par la mise en liberté de sa silice en excès et peut-être aussi par l'attaque des feldspaths du dacitoïde.

La tridymite est le résultat d'une action *pneumatolytique*; elle se présente sous forme de lamelles hexagonales très petites, imbriquées à la façon des tuiles d'une toiture; elle remplit tous les pores de la roche et tapisse parfois ses cavités. C'est donc la forme banale de ce minéral, dans toutes les laves qui le renferment. J'estime que ma conclusion présente un caratère général. Des expériences très récentes de MM. A. Michel-Lévy et J. Wyart (²) ont apporté une preuve expérimentale de la possibilité d'une telle genèse aussi bien de la *tridymite* que du quartz.

Par contre, j'ai rencontré dans deux volcans différents deux cas de formation de la tridymite *par fusion*, mais non pas dans une lave. Il s'agit d'*enclaves énallogènes* (³) siliceuses apportées au jour soit directement par le magma fondu où s'est effectué le phénomène, soit par des explosions qui ont arraché de leur gisement des blocs de laves antérieures.

Avant d'aborder le fait nouveau qui fait l'objet de cette Note, je résumerai

---

(¹) *La Montagne Pelée et ses éruptions*, 1904, p. 518; *Bull. Soc. franç. Minéral.*, **28**, 1905, p. 56.

(²) *Comptes rendus*, **208**, 1939, pp. 1594-1595.

(³) *Les enclaves de roches volcaniques*, 1893, pp. 168-170, fig. 12.

ces deux groupes d'observations en les complétant par l'examen de plus nombreux échantillons récoltés depuis 34 ans.

Le premier cas est réalisé par des enclaves de grès ou de quartzite recueillies dans des andésites et des rhyolitoïdes de Vulcano, dans les îles Éoliennes. Leur examen microscopique fait voir qu'il subsiste quelques grains de *quartz*, frangés sur les bords de dentelures, derniers restes de la roche sédimentaire détruite. Ils sont entourés de nombreux cristaux de tridymite, bordés par un reste de verre qui renferme quelques aiguilles ou cristallites de pyroxène secondaire. Ces cristaux pouvant atteindre $0^{mm},5$ ne sont plus des lamelles comme dans le cas précédent, ce sont des cristaux aplatis, il est vrai, mais assez épais. Les macles en coins aigus ne sont pas rares. Cette structure est dans les moindres détails identique à celle des briques de silice de l'industrie métallurgique, dont le mode de formation par fusion de quartz est parfaitement connu. Cette transformation naturelle du quartz en un verre, sans l'intervention du fondant, est intéressante en montrant qu'au moment de son transport de l'enclave quartzeuse, le magma possédait une température d'au moins 1750°C. (Stein).

Le second cas représente la transformation de grès pliocènes de composition variée, rejetés par la grande éruption du Vésuve en 1906. Elle consiste en une gamme depuis leur formation en un verre bulleux entièrement vitreux, jusqu'à des roches formées uniquement de tridymite et de traces de verre. Cette tridymite présente la même structure que dans les enclaves du Vulcano, mais le verre qui l'accompagne renferme quelques grains de sphène, de cristaux de diopside, de wollastonite, quand les grès initiaux, au lieu d'être formés uniquement de quartz, contenaient comme certains d'entre eux un peu de calcite plus ou moins magnésienne. Je laisse de côté ici les modifications d'un autre ordre dues au mélange de ces roches à tridymite avec le magna leucitique.

Tous les faits qui viennent d'être exposés doivent être mis sur le compte d'éruptions plus ou moins anciennes, ayant disséminé les matériaux de la vieille Somma et formé ainsi le cône actuel du Vésuve. Mais à ces phénomènes s'en sont ajoutés d'autres plus récents, mis en évidence, comme eux, par le paroxysme explosif de 1906. Je veux parler des phénomènes pneumatolytiques, générateurs de tant de minéraux que j'ai longuement discutés dans un Mémoire antérieur ([2]).

Certains de ces blocs ont été tapissés par des aiguilles de wollastonite, ægyrine, augite ægyrinique jaune d'or, orthose, sphène etc. Mais il faut y ajouter des lames très minces de *tridymite*, pouvant atteindre 4^{mm} de plus grande dimension, qui diffèrent par suite des cristaux formés par fusion et

---

([1]) *Bull. Soc. franç. Minéral.*, **31**, 1908, p. 323.
([2]) *Nouvelles Arch. du Muséum*, 4e série, **9**, 1907, pp. 1-172 et 10 planches.

ressemblent à ceux dont il a été question au début de cette Note. Il est donc intéressant de constater l'existence dans une même roche de tridymite, produite, avec ses formes propres, par deux modes de genèse différents. Je noterai, en outre, que les lamelles de tridymite pneumatolytique sont parfois transformées dans une troisième phase en quartz globulaire ([6]).

Arrivons maintenant à l'observation nouvelle concernant la région volcanique de Tanna, la plus méridionale des Nouvelles-Hébrides. Elle est surtout connue par son volcan andésitique en activité continue, l'Yosawa (Iahue). Tanna paraît être essentiellement constituée par des matériaux andésitiques, parmi lesquels des tufs et brèches volcaniques jouent un grand rôle. Cette composition est probablement complexe si j'en juge par la nature des nombreux blocs contenus dans ces brèches et rapportés par M. Aubert de la Rüe ([7]).

C'est l'un deux, recueilli à Ysangel, qui fait l'objet de cette Note. Il est polyédrique, à bords tranchants et cassures plates ou conchoïdales. Sa couleur est d'un blanc, légèrement jaunâtre, à éclat vitreux : il est presque opaque, mais renferme des veinules ou des taches d'un verre jaune brunâtre foncé, translucide, contenant des bulles gazeuses sphériques qui se rencontrent aussi dans la partie blanche, en plus grande quantité, mais à l'état microscopique.

En lames minces, ce verre est incolore et transparent; il renferme des grains et des prismes à arêtes arrondies d'un pyroxène rhombique qui, par ses propriétés optiques et notamment son signe optique positif, doit être considéré comme de l'enstatite.

Elle est beaucoup plus abondante dans la partie blanche de la roche, soit à l'état de grains isolés, soit en traînées d'un très grand nombre de petits grains serrés les uns contre les autres et, çà et là, accompagnés de grains noirs opaques, très réfringents. Quand ils sont examinés en lumière naturelle, une partie d'entre eux restent opaques (magnétite), mais si l'éclairement est très violent, d'autres deviennent transparents avec une couleur brun rouge, qui est celle aussi de très petites aiguilles aplaties à extinction longitudinale qu'il faut attribuer à la *pseudobrookite*.

Ces minéraux à forte réfringence sont distribués sur un fond incolore à réfringence très faible; il est formé par un enchevêtrement de baguettes assez épaisses de *tridymite*, semblables à celles de Vulcano. Les macles binaires sont peu nombreuses, mais très nettes, avec leur forme en cônes aigus d'environ 35°.

Comme dans les gisements précédents, la biréfringence très faible est très irrégulière, par suite de la présence de facules à contours vagues ou, dans les baguettes, groupées en bandes parallèles à l'allongement et finement maclées.

Ces cristaux de tridymite, constituant la trame de la roche, ne sont pas

---

([6]) *Op. cit.*, 1908, p. 335, fig. 3.

([7]) *Bull. volcanologique Napoli*, 2e série, 2, 1937, p. 128.

orientés et leurs intervalles sont remplis par du verre incolore où fourmillent de petites bulles gazeuses parfaitement sphériques.

L'aspect macroscopique de cette *enclave* avait fait penser tout d'abord qu'elle était une obsidienne du genre de celles qui se rencontrent dans plusieurs îles volcaniques de l'archipel. L'examen microscopique a mis en évidence sa véritable nature, mais il était nécessaire d'avoir une confirmation chimique. Elle est fournie par une analyse sommaire faite par Mlle Caillère qui a trouvé les résultats suivants :

SiO_2	79,54	Quartz	52,98
Al_2O_3	6,51	Or	16,12
Fe_2O_3	1,56	Ab	13,10
FeO	0,70	An	2,78
MgO	3,35		
CaO	1,01	$CaSiO_3$	0,93
Na_2O	1,56	$MgSiO_3$	8,40
K_2O	2,72	$FeSiO_3$	0,92
TiO_2	1,42	Ilm	0,46
$H_2O\pm$	1,24	Pseudobrookite	1,40
	99,61		
		Or/plag	0,10
		An	17%
		Σb	12,1

Pseudobrookite $= 2Fe_2O_3, 3TiO_2$.

Il faut donc admettre que cette enclave est le résultat de la fusion complète d'une roche essentiellement quartzique; la présence de l'enstatite montre que celle-ci était magnésienne, un peu ferrugineuse, avec un peu de titane. Une telle roche devait être d'origine sédimentaire, mais celle-ci n'est pas connue dans l'île, où les seuls sédiments rencontrés sont des calcaires coralliens. Malheureusement, à l'exception du volcan actif, cette île, dont la constitution géologique et lithologique paraît devoir être d'un très vif intérêt, est actuellement peu connue.

TOPOLOGIE. — *Sur l'anneau d'homologie de l'espace homogène, quotient d'un groupe clos par un sous-groupe abélien, connexe, maximum.* Note (1) de M. **Jean Leray.**

1. Soit $E^* = E/F$ *l'espace homogène* quotient d'un groupe de Lie clos E par un sous-groupe fermé F et soit π la projection de chaque classe de E suivant F sur le point correspondant de E^*; supposons E *et* F *de même rang*; MM. H. Hopf et H. Samelson ont prouvé (2) que la caractéristique d'Euler de E^* est alors

(1) Séance du 26 août 1946.
(2) *Comment. math. helv.*, 13, 1940, p. 248.

positive; on peut en déduire ([3]) que, Z^{*p} étant une classe d'homologie ([4]) de E^*,

$$(1.1)\qquad \overset{-1}{\pi}(Z^{*p}) \sim 0, \qquad \text{si } p > 0.$$

2. *Soit A_l le groupe linéaire unimodulaire d'une forme d'Hermite définie positive à $l+1$ variables;* rappelons ([5]) que l'anneau d'homologie de A_l est engendré par l classes d'homologie indépendantes

$$(2.1)\qquad Z^{2m+1} \qquad (m = 1, 2, \ldots, l).$$

Soit T_l un sous-groupe abélien, connexe, maximum de A_l; rappelons que l'anneau d'homologie de T_l est engendré par $l+1$ classes d'homologie à une dimension

$$(2.2)\qquad z^{1;\alpha} \quad (\alpha = 0, 1, 2, \ldots, l) \text{ que lie la relation } \sum_\alpha z^{1;\alpha} \sim 0$$

et que permutent ([6]) les automorphismes internes de A_l laissant T_l fixe. Rappelons enfin ([7]) que l'anneau d'homologie de la projection π de A_l sur $A_l^* = A_l/T_l$ est le produit direct des anneaux d'homologie de T_l et de A_l^*. Les formules (1.1), (2.1) et l'étude des homomorphismes Δ_r et Γ, qui caractérisent la structure de l'anneau d'homologie de π, conduisent à la proposition suivante : *L'anneau d'homologie de l'espace homogène $A_l^* = A_l/T_l$ est engendré par les $l+1$ classes d'homologie de dimension deux*

$$(2.3)\qquad Z^{*2;\alpha} \qquad (\alpha = 0, 1, \ldots, l)$$

que lient les relations

$$(2.4)\qquad \sum_{0 \leq \alpha \leq l} (Z^{*2;\alpha})^m \sim 0 \qquad (m = 1, 2, \ldots, l+1)$$

et que permutent les automorphismes internes de A_l laissant T_l fixe; les homomorphismes Δ_r et Γ sont définis par les formules (2.5) *et* (2.6), *où z^0 et Z^{*0} désignent les classes d'homologie unité de T_l et de A_l^*,*

$$(2.5)\qquad \Delta_1(z^{1;\alpha} Z^{*0}) \sim z^0 Z^{*2;\alpha}; \qquad \Delta_r \sim 0, \qquad \text{si } r > 1;$$

$$(2.6)\qquad \Gamma\Big(\sum_\alpha z^{1;\alpha}(Z^{*2;\alpha})^m\Big) \sim Z^{2m+1} (m = 1, \ldots, l); \; (l+1)\Gamma\big(z^{1;\alpha}(Z^{*2;\alpha})^l\big) \sim Z^{2l+1}.$$

([3]) En utilisant les travaux suivants : H. Hopf, *Ann. of Math.*, **42**, 1941, p. 22; H. Samelson, *ibid.*, **42**, 1941, p. 1000.

([4]) Nous nommons *classe d'homologie* ce que la plupart des auteurs nomment *classe de cohomologie*.

([5]) L. Pontrjagin, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1277; R. Brauer, *ibid.*, **201**, 1935, p. 419; C. Ehresmann, *ibid.*, 208, 1939, pp. 321 et 1263; H. Samelson, *loc. cit.*

([6]) E. Stiefel, *Comm. math. helv.*, **14**, 1941, p. 350; H. Hopf, *ibid.*, 15, 1942, p. 59.

([7]) Trois Notes antérieures introduisent la notion d'anneau d'homologie d'une représentation (*Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 1366 et 1419; **223**, 1946, p. 395).

La démonstration consiste essentiellement à vérifier que (2.6) définit effectivement l'homomorphisme $\Gamma\left(\sum_\beta z^{p;\beta} Z^{\star q;\beta}\right)$ sur tout le noyau de Δ_1; cette démonstration est donc de nature algébrique; elle utilise diverses conséquences remarquables de (2.4) :

Toute classe d'homologie de $A_l^\star$ est une combinaison linéaire unique des monomes

$$\prod_\alpha (Z^{\star 2;\alpha})^{s_\alpha}, \qquad \text{où } s_\alpha \leqq \alpha;$$

le polynome de Poincaré ([8]) de $A_l^\star$ est donc

$$(2.7) \qquad (1+t^3)(1+t^3+t^5)\dots(1+t^3+t^5+\dots+t^{2l});$$

la dimension de $A_l^\star$ est $l(l+1)$ et, quand $2\sum_\alpha s_\alpha = l(l+1)$, l'expression $\prod_\alpha (Z^{\star 2;\alpha})^{s_\alpha}$ est nulle, sauf si les s_α constituent une permutation des nombres $(0, 1, \dots, l)$, cette expression prenant une même valeur pour les permutations paires et la valeur opposée pour les permutations impaires

$$(Z^{\star 2;\alpha})^{l+1} \sim 0; \qquad (Z^{\star 2;l})^l \sim (-1)^l Z^{\star 2;0}.Z^{\star 2;1}.\dots.Z^{\star 2;l-1} \not\sim 0;$$
$$(Z^{\star 2;\alpha})^l + (Z^{\star 2;\alpha})^{l-1}.Z^{\star 2;\beta} + (Z^{\star 2;\alpha})^{l-2}.(Z^{\star 2;\beta})^2 + \dots + (Z^{\star 2;\beta})^l \sim 0, \qquad \text{si } \alpha \neq \beta;$$

l'annulateur de $(Z^{\star 2;\alpha})^s$ est l'ensemble des multiples de $(Z^{\star 2;\alpha})^{l+1-s}$; l'annulateur de $Z^{\star 2;0}.Z^{\star 2;1}.\dots.Z^{\star 2;\alpha}$ est l'ensemble des multiples de $Z^{\star 2;\alpha+1}.Z^{\star 2;\alpha+2}.\dots.Z^{\star 2;l}$.

3. *Soient* B_l *le groupe orthogonal de* $2l+1$ *variables réelles et* C_l *le groupe des matrices orthogonales de rang l dont les éléments sont des quaternions;* quand on substitue B_l ou C_l à A_l, le n° 2 subsiste à de légères modifications près : (2.5) n'est pas changé, les autres formules numérotées devenant

$$(3.1) \qquad Z^{4m-1} \qquad (m = 1, 2, \dots, l);$$
$$(3.2) \qquad z^{1;\alpha} \qquad (\alpha = 1, 2, \dots, l);$$
$$(3.3) \qquad Z^{\star 2;\alpha} \qquad (\alpha = 1, 2, \dots, l);$$
$$(3.4) \qquad \sum_{1 \leqq \alpha \leqq l} (Z^{\star 2;\alpha})^{2m} \sim 0 \qquad (m = 1, 2, \dots, l);$$
$$(3.6) \qquad \begin{cases} \Gamma\left(\sum_\alpha z^{1;\alpha}(Z^{\star 2;\alpha})^{2m-1}\right) \sim Z^{4m-1} & (m = 1, 2, \dots, l), \\ l\Gamma\left(z^{1;\alpha}(Z^{\star 2;\alpha})^{2l-1}\right) \sim Z^{4l-1}; \end{cases}$$
$$(3.7) \qquad (1+t^2)(1+t^2+t^4+t^6)\dots(1+t^2+t^4+\dots+t^{4l-2}).$$

([8]) M. de Siebenthal m'a récemment communiqué les expressions des polynomes de Poincaré (2.7), (3.7) et (4.7); la détermination de (2.7) avait été amorcée par M. C. Ehresmann, *Ann. of math.*, **35**, 1934, p. 441 (n°s **20** et **21**).

Les automorphismes internes permutent les $z^{1;\alpha}$ et les $Z^{\star 2;\alpha}$ ou multiplient par -1 certaines de ces classes.

4. *Soit* D_l *le groupe orthogonal de* $2l$ *variables réelles;* on retrouve (2.5), (3.2) et (3.3), les autres formules devenant

$$(4.1) \qquad Z^{4m-1} \quad (m=1, 2, \ldots, l-1) \quad \text{et} \quad Z'^{2l-1};$$

$$(4.4) \qquad \sum_{1 \leq \alpha \leq l} (Z^{\star 2;\alpha})^{2m} \sim 0 \quad (m=1, 2, \ldots, l-1) \quad \text{et} \quad Z^{\star 2;1}.Z^{\star 2;2}.\ldots.Z^{\star 2;l} \sim 0;$$

$$(4.6) \qquad \begin{cases} \Gamma\left(\sum_{\alpha} z^{1;\alpha}(Z^{\star 2;\alpha})^{2m-1}\right) \sim Z^{4m-1} \quad (m=1, 2, \ldots, l-1), \\ \Gamma(z^{1;1}Z^{\star 2;2}.Z^{\star 2;3}.\ldots.Z^{\star 2;l}) \sim \Gamma(z^{1;2}Z^{\star 2;1}.Z^{\star 2;3}.\ldots.Z^{\star 2;l}) \sim Z'^{2l-1}; \end{cases}$$

$$(4.7) \qquad (1+t^2+t^4+\ldots+t^{2l-2})(1+t^2)(1+t^2+t^4+t^6)\ldots(1+t^2+t^4+\ldots+t^{4l-6}).$$

Les automorphismes internes permutent les $z^{1;\alpha}$ et les $Z^{\star 2;\alpha}$ ou multiplient par -1 un nombre pair de ces classes.

NOMINATIONS.

M. le **Maire de la Ville de Beaugency** invite l'Académie à déléguer un de ses Membres à la Cérémonie qui aura lieu en cette ville, le 29 septembre, pour commémorer le *deuxième centenaire* de la naissance de Jacques Charles.

M. **Albert Portevin** est désigné.

M. le **Commissaire général du IIIe Congrès de l'Organisation française**, qui se tiendra au Conservatoire national des Arts et Métiers du 16 au 19 septembre, invite l'Académie à se faire représenter à ce Congrès.

MM. **Albert Caquot** et **Albert Pérard** sont désignés.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les dérivées des fonctions partout dérivables.* Note [1] de M. **Zygmunt Zahorski**, présentée par M. Armand Denjoy.

Lorsque l'ensemble E du type F_σ n'est pas vide, je dis qu'il satisfait à la condition W_0 lorsque tout $x \in E$ est un point bilatéral d'accumulation de E; à la condition W_1 lorsque tout $x \in E$ est un point bilatéral de condensation de E; à la condition W_2 lorsque tout voisinage de tout $x \in E$ renferme une partie de E de mesure non nulle; à la condition W_3 lorsqu'il existe une suite d'ensembles fermés $\{F_n\}$ et une suite de nombres $\{\eta_n\}$, avec $0 \leq \eta_n < 1$, tels que $E = \sum_{n=1}^{\infty} F_n$, et que, pour tout $x \in F_n$ et tout $c > 0$ il existe $\varepsilon(x, c) > 0$, jouissant de la propriété suivante : pour tous h et h_1, tels que

(1) Séance du 12 août 1946.

$hh_1 > 0$, $h/h_1 \leq C$, $|h+h_1| < \varepsilon(x, c)$, on ait $|E(x+h, x+h+h_1)|/|h_1| > \eta_n$; à la condition W_4 lorsque E satisfait à la condition W_3 et que $\eta_n > 0$ pour tout η; à la condition W_5 lorsque tout $x \in E$ est un point de densité de E; en outre je dis que l'ensemble vide satisfait à toutes ces conditions.

Lorsqu'un ensemble E satisfait à la condition W_{n+1}, il satisfait aussi à la condition $W_n (n = 0, 1, 2, 3, 4)$. Je dis que la fonction $f(x)$ satisfait à la condition W_n supérieurement, lorsque pour tout a l'ensemble $\{f(x) > a\}$ satisfait à W_n, qu'elle satisfait à la condition W_n inférieurement, lorsque pour tout a l'ensemble $\{f(x) < a\}$ satisfait à la condition W_n, que $f(x)$ satisfait à W_n, lorsqu'elle satisfait à cette condition inférieurement et supérieurement. Si $f(x)$ satisfait à W_{n+1} (resp. unilatéralement), elle satisfait à W_n (resp. unilatéralement), mais pas toujours inversement $(n = 0, 1, 2, 3, 4)$. Cependant lorsque $f(x)$ satisfait à W_0 elle satisfait aussi à W_1 et la classe des fonctions satisfaisant à W_0 (et W_1) est identique à la classe de fonctions de la 1re classe de Baire satisfaisant à la condition de Darboux (prenant toutes les valeurs intermédiaires). Ceci résulte du théorème suivant :

a. Si les ensembles $\{f(x) > a_n\}$, $\{f(x) < b_n\}$ satisfont à la condition W_0 pour les systèmes dénombrables, partout denses sur la droite, de valeurs de a_n et b_n, la fonction $f(x)$ est de la 1re classe de Baire et satisfait à la condition de Darboux. Si $f(x)$ est de la 1re classe de Baire et satisfait à la condition de Darboux, elle satisfait à W_1. Il existe deux fonctions bornées $f(x)$ et $g(x)$ satisfaisant à W_4, telles que $f(x) + g(x)$ ne satisfassent pas à W_0 (mars 1941).

b. Lorsque $f(x)$ (même discontinue) admet pour tout x une dérivée bornée supérieurement, $f'(x)$ satisfait à W_4 supérieurement. Pour tout ensemble E satisfaisant à W_4 il existe une fonction $f(x)$ admettant partout la dérivée bornée et telle que $0 < f'(x) < 1$ pour tout $x \in E$, $f'(x) = 0$ pour tout $x \overline{\in} E$. Il existe des fonctions bornées satisfaisant à W_4 et n'étant pas dérivées (conséquence du th. *a*) (juillet 1940).

c. Pour toute fonction continue partout dérivable $f(x)$ les ensembles $\{a < f'(x) < b\}$ satisfont à la condition W_3 (de même lorsque a ou b ne sont pas finis). Les ensembles $\{f'(x) > a\}$ satisfont à W_3 lorsque pour tout x, $f'(x) < +\infty$, dans le cas contraire, satisfont à W_2 (juillet 1940).

d. Pour toute fonction $f(x)$ partout dérivable (même discontinue) les ensembles $\{f'(x) = +\infty\}$, $\{f'(x) = -\infty\}$ sont G_δ de mesure nulle, les ensembles $\{f'(x) \geq a\}$, $\{f'(x) = a\}$ sont G_δ, l'ensemble $\{f'(x) > a\}$ est F_σ pour tout a (septembre 1943).

e. Si la fonction continue $f(x)$ admet partout une dérivée finie ou infinie et si presque partout $f'(x) \leq 0$, alors $f(x)$ est non croissante (juillet 1943).

f. Il existe une fonction $f(x)$ admettant partout la dérivée finie et telle que $f'(x)$ ne soit pas la somme d'une fonction $a(x)$ approximativement continue et d'une fonction $b(x)$ sommable L. Il existe une fonction $F(x)$ absolument continue admettant partout une dérivée finie, telle qu'il n'existe

pas de fonctions $f_1(x)$, $f_2(x)$ et $f_3(x)$ admettant partout des dérivées finies et telles que $f'_1(x)$ soit approximativement continue, $f'_2(x)$ bornée supérieurement et $f'_3(x)$ bornée inférieurement, avec $F'(x) = f'_1(x) + f'_2(x) + f'_3(x)$ (mars 1941).

HYDRODYNAMIQUE. — *Note sur une forme très générale de l'équation des courants liquides permanents à surface libre.* Note [1] de M. **Charles Jaeger**, transmise par M. Henri Villat.

Rappelons qu'il est possible de généraliser l'équation de Bernoulli et d'écrire pour un courant à surface libre quelconque [2]

$$(1) \qquad \frac{\partial H^*_\sigma}{\partial x} = -J_e,$$

ou

$$(2) \qquad \begin{cases} H_\sigma = \dfrac{1}{Q}\displaystyle\iint_\sigma \left(\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z\right) v\, d\sigma = \alpha \frac{V_m^2}{2g} + \beta h; \qquad H^*_\sigma = H_\sigma + y, \\ v_m = \dfrac{Q}{\sigma} = \dfrac{1}{\sigma}\displaystyle\iint_\sigma v\, d\sigma, \qquad \alpha = \frac{1}{\sigma V_m^3}\iint_\sigma v^3\, d\sigma; \qquad \beta = \frac{1}{Qh}\iint_\sigma \left(\frac{p}{\gamma} + z\right) v\, d\sigma \end{cases}$$

(h hauteur d'eau dans la section σ, y ordonnée du thalweg, v et p vitesse et pression locales au point d'abscisse x et d'ordonnée $z + y$, $0 < z < h$, Q débit, H_σ hauteur de la ligne d'énergie moyenne, γ poids spécifique de l'eau).

De même qu'on définit pour la section σ l'énergie moyenne $E = \gamma H_\sigma Q$ d'un courant liquide permanent à surface libre, on peut également calculer sa *quantité de mouvement totale* γ *en définissant* [3]

$$(4) \qquad S = \iint_\sigma \left(\frac{v^2}{g} + \frac{p}{\gamma}\right) d\sigma = \frac{\alpha' Q^2}{g\sigma} + \beta' \sigma z_G,$$

où

$$\alpha' = \frac{1}{\sigma V_m^2}\iint_\sigma v^2\, d\sigma, \qquad \beta' = \frac{1}{\sigma z_G}\iint_\sigma \frac{p}{\gamma}\, d\sigma, \qquad z_G = \frac{1}{\sigma}\iint_\sigma (h - z)\, d\sigma.$$

Le théorème des quantités de mouvement projetées devient alors

$$(5) \qquad S_I - S_{II} = \frac{1}{\gamma} X^*_e,$$

où S_I et S_{II} sont les valeurs de S dans deux profils en travers, σ_I et σ_{II} et X^*_e la somme des composantes, selon l'abscisse rectiligne x, des forces extérieures

(1) Séance du 2 septembre 1946.

(2) Ch. Jaeger, *Revue générale de l'Hydraulique*, 9, xxxiii et xxxiv, pp. 111 et 139 (mai-août 1943); *Bulletin technique de la Suisse Romande*, 69, xvi et xvii, pp. 185 et 200 (7 et 21 août 1943); *Wasserkraft et Wasserwirtschaft*, 38, xii, p. 293 (15 déc. 1943).

(3) Bresse, *Cours de Mécanique appliquée, II. Hydraulique*, Paris, 1879, 3e éd., p. 318.

autres que les pressions hydrauliques sur σ_{I} et σ_{II}. En identifiant les deux expressions du débit, on obtient

$$(\mathrm{I}) \qquad \sigma\sqrt{\frac{2g}{\alpha}(\mathrm{H}_\sigma-\beta h)}=\mathrm{Q}=\sqrt{\frac{g\sigma}{\alpha'}(\mathrm{S}-\beta'\sigma z_{\mathrm{G}})}.$$

L'expression (I) est une *forme générale de l'équation des courants liquides à surface libre*.

L'équation (I) peut être mise sous la forme

$$(\mathrm{I}a) \qquad \Gamma(\mathrm{Q},\ \mathrm{H}_\sigma^*,\ \mathrm{S}.\ h)=0,$$

qui représente une surface à quatre dimensions, dont on peut étudier la forme afin d'en déduire les propriétés générales des courants à surface libre. En particulier, on peut montrer qu'il existe sur la surface $\Gamma=0$ des points, où l'on a toujours simultanément

$$(\mathrm{II}) \qquad \frac{\partial \mathrm{Q}}{\partial h}=0, \qquad \frac{\partial \mathrm{H}_\sigma^*}{\partial h}=0, \qquad \frac{\partial \mathrm{S}}{\partial h}=0.$$

La valeur $h=h_c$ définie par ces conditions est la *hauteur critique*. L'existence simultanée des deux premiers extréma (II) était déjà connue ([4]); la démonstration rigoureuse de la coïncidence du troisième extrémum [qui fut longtemps mise en doute ([5])] fera l'objet d'une publication ultérieure.

Grâce aux équations (I) et (II), on peut faire la synthèse des écoulements graduellement variés et des écoulements variés. Il convient en particulier de relever la symétrie de l'équation (I) : le membre de gauche de l'équation ne contient, en plus des termes α et β qui dépendent de la répartition des vitesses et de la courbure des filets liquides, que des termes que l'on définit à partir de l'énergie E du courant, alors que le membre de droite ne contient, en plus de α' et β', que des grandeurs dépendant de l'impulsion totale.

En partant des équations (I) et (II) associées à (1) et (4), on peut :

a. rechercher les propriétés générales des courants à surface libre ([6]);

b. esquisser la théorie de la hauteur critique;

c. retrouver, comme cas particuliers, les théories classiques des écoulements graduellement variés, sans pertes de charge internes notables [théories de Bresse, Boussinesq, Ziller, Fawer, Massé ([7])];

([4]) Ch. Jaeger, *Revue générale de l'Hydraulique*, **9**, xxxv et xxxiv, 1943, pp. 111 et 139.

([5]) Ch. Jaeger, *Schweizerische Bauzeitung*, **97**, xvi, 1942, p. 197.

([6]) Ch. Jaeger, *loc. cit.* ([4]).

([7]) J. Bresse, *Cours de mécanique appliquée*, Paris, 1860; J. V. Boussinesq, *Essai sur la théorie des eaux courantes*. Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences, Paris, 1877; F. Ziller, *Wasserkraft und Wasserwirtschaft*, **32**, iv, 1930, p. 37; C. Fawer, *Étude de quelques écoulements permanents à filets courbes* (*Thèse*, Lausanne, 1937); P. Massé, *Revue générale de l'Hydraulique*, **4**, xix et xv, 1936, pp. 7 et 61.

d. établir une théorie des écoulements variés avec applications à des cas pratiques;

e. aborder le problème de la stabilité des écoulements liquides;

f. esquisser les théories des nappes souterraines et des affouillements [8].

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Le champ électromagnétique multipolaire.* Note [1] de M. **Jean Humblet**.

Considérons un système de charges électriques en mouvement; soient $\rho(\mathbf{r}, t)$ la densité de charge mesurée en u. é. s. et $\mathbf{I}(\mathbf{r}, t)$ la densité de courant mesurée en u. é. m. Nous supposons que ces charges se meuvent à l'intérieur d'une sphère de rayon r_0 ayant pour centre l'origine O des axes de coordonnées. Nous désignons par P le point potentié, par Q le point potentiant et nous posons $\mathrm{OP} = \mathbf{R}$, $\mathbf{R}^0 = \mathbf{R}/\mathrm{R}$ et $\mathrm{OQ} = \mathbf{r}$; soient encore R, Θ, Φ les coordonnées polaires de P et r, θ, φ celles de Q.

Dans les conditions physiques habituelles, la longueur d'onde moyenne du rayonnement engendré par les sources est généralement très petite par rapport à r_0, c'est-à-dire : $r_0 \ll \lambda/2\pi = 1/k$ (k nombre d'ondes pour 2π cm). Il en résulte que, ayant développé le champ électrique $\mathbf{E}$ et le champ magnétique $\mathbf{H}$ en séries telles que le rapport des modules de deux termes consécutifs soit de l'ordre de grandeur de kr_0 ($\ll 1$), nous pouvons admettre que *le champ électromagnétique principal est donné par le premier terme non nul du développement de* $\mathbf{E}$ *et par le premier terme non nul du développement de* $\mathbf{H}$. Nous avons établi que les deux termes en question peuvent s'écrire sous la forme suivante [2] :

$$\mathbf{E}_l = {}^{e}\boldsymbol{\mathcal{E}}_l + {}^{m}\boldsymbol{\mathcal{E}}_{l-1}, \qquad \mathbf{H}_l = {}^{e}\boldsymbol{\mathcal{H}}_l + {}^{m}\boldsymbol{\mathcal{H}}_{l-1}, \tag{1}$$

où

$$\left\{\begin{aligned} {}^{e}\boldsymbol{\mathcal{E}}_l &= \sqrt{4\pi} \sum_{m=-l}^{+l} \mathrm{Y}_{lm}(\Theta, \Phi) \Big\{ \frac{1}{\mathrm{R}} (\dot{\boldsymbol{\mathfrak{X}}}_{lm} \wedge \mathbf{R}^0) \wedge \mathbf{R}^0 \\ &\qquad + \frac{l+2}{\mathrm{R}^2} \mathbf{R}^0 . \mathbf{R}^0 \times \boldsymbol{\mathfrak{X}}_{lm} \\ &\qquad + \frac{(l+1)(l+2)}{2\mathrm{R}^2} (\boldsymbol{\mathfrak{X}}_{lm} \wedge \mathbf{R}^0) \wedge \mathbf{R}^0 \Big\}^{(l+1)}, \\ {}^{e}\boldsymbol{\mathcal{H}}_l &= \sqrt{4\pi} \sum_{m=-l}^{+l} \mathrm{Y}_{lm}(\Theta, \Phi) \Big\{ \frac{1}{\mathrm{R}} \dot{\boldsymbol{\mathfrak{X}}}_{lm} \wedge \mathbf{R}^0 + \frac{(l+1)(l+2)}{2\mathrm{R}^2} \boldsymbol{\mathfrak{X}}_{lm} \wedge \mathbf{R}^0 \Big\}^{(l+1)}, \end{aligned}\right. \tag{2}$$

---

[8] Les points b, d, e, f feront l'objet de publications ultérieures détaillées.

[1] Séance du 26 août 1946.

[2] Nous avons limité notre calcul aux termes en R^{-1} et R^{-2}; nous posons

$$\dot{\alpha} = \frac{1}{c} \frac{\partial \alpha}{\partial t} \qquad \text{et} \qquad \{\alpha(t)\}^{(p)} = \frac{1}{c^p} \frac{\partial^p}{\partial t^p} \alpha(t - \mathrm{R}/c).$$

et

$$(3)\quad \begin{cases} {}^m\mathcal{E}_{l-1} = \sqrt{4\pi}\displaystyle\sum_{m=-l+1}^{l-1} Y_{l-1,m}(\Theta,\Phi)\left\{-\frac{1}{R}\dot{\mathfrak{M}}_{l-1,m}\wedge\mathbf{R}^0 - \frac{l(l+1)}{2R^2}\mathfrak{M}_{l-1,m}\wedge\mathbf{R}^0\right\}^{(l)}, \\ {}^m\mathcal{H}_{l-1} = \sqrt{4\pi}\displaystyle\sum_{m=-l+1}^{l-1} Y_{l-1,m}(\Theta,\Phi)\left\{\frac{1}{R}(\dot{\mathfrak{M}}_{l-1,m}\wedge\mathbf{R}^0)\wedge\mathbf{R}^0 \right. \\ \qquad + \dfrac{l+1}{R^2}\mathbf{R}^0.\mathbf{R}^0\times\mathfrak{M}_{l-1,m} \\ \qquad \left. + \dfrac{l(l+1)}{2R^2}(\mathfrak{M}_{l-1,m}\wedge\mathbf{R}^0)\wedge\mathbf{R}^0\right\}^{(l)}. \end{cases}$$

Dans ces expressions Y_{lm} représente la fonction de Laplace normée d'ordre l, tandis que $\mathfrak{L}_{lm}$ et $\mathfrak{M}_{l-1,m}$ désignent respectivement le moment 2^{l+1}-polaire électrique

$$(4a)\qquad \mathfrak{L}_{lm} = \frac{2^l l!\sqrt{4\pi}}{(2l+1)!(l+1)}\int dv\,\rho\,\mathbf{r}\,r^l Y_{lm}^*(\theta,\varphi),$$

et le moment 2^l-polaire magnétique

$$(4b)\qquad \mathfrak{M}_{l-1,m} = \frac{2^{l-1}(l-1)!\sqrt{4\pi}}{(2l-1)!(l+1)}\int dv\,\mathbf{r}\wedge\mathbf{I}\,r^{l-1}Y_{l-1,m}^*(\theta,\varphi);$$

par définition, l est la plus petite valeur de n pour laquelle un au moins des deux moments $\mathfrak{L}_{nm}$ et $\mathfrak{M}_{n-1,m}$ est différent de zéro *pour les densités de charge et de courant considérées.*

Il convient de remarquer que la densité de courant étant du même ordre de grandeur que $\rho k r_0$, les deux moments (4) sont eux-mêmes du même ordre de grandeur; de plus, pour $l=0$ et 1 respectivement, ces deux moments se réduisent aux moments dipolaires bien connus

$$\mathbf{P} = \mathfrak{L}_{00} = \int \rho\,\mathbf{r}\,dv, \qquad \mathbf{M} = \mathfrak{M}_{00} = \frac{1}{2}\int \mathbf{r}\wedge\mathbf{I}\,dv.$$

Les composantes des moments (4) vérifient respectivement les relations suivantes :

$$(5a)\qquad \pm\sqrt{l\pm m+1}\,(\mathfrak{L}_{x,lm\pm1} \pm i\mathfrak{L}_{y,lm\pm1}) + \sqrt{l\mp m}\,\mathfrak{L}_{z,lm} = 0,$$

$$(5b)\qquad \pm\sqrt{l\pm m}\,(\mathfrak{M}_{x,l-1,m\pm1} \pm i\mathfrak{M}_{y,l-1,m\pm1}) + \sqrt{l\mp m-1}\,\mathfrak{M}_{z,l-1,m} = 0.$$

Celles-ci nous ont permis d'établir que, si ρ et $\mathbf{I}$ sont respectivement de la forme $\rho(\mathbf{r},t) = 2\mathrm{Re}\,\rho(\mathbf{r})e^{i\omega t}$, $\mathbf{I}(\mathbf{r},t) = 2\mathrm{Re}\,\mathbf{I}(\mathbf{r})e^{i\omega t}$, les moyennes temporelles des flux d'énergie et de moment d'impulsion correspondant aux champs (1) s'écrivent ([3])

$$(6)\qquad F^E = \frac{2l+4}{2l+3}\,ck^{2l+4}\sum_{m=-l}^{+l}\mathfrak{L}_{lm}^*\times\mathfrak{L}_{lm} + \frac{2l+2}{2l+1}\,ck^{2l+2}\sum_{m=-l+1}^{l-1}\mathfrak{M}_{l-1,m}^*\times\mathfrak{M}_{l-1,m};$$

$$(7)\qquad \mathbf{F}^M = \frac{2(l+1)(l+2)}{2l+3}\,k^{2l+3}\,i\sum_{m=-l}^{+l}\mathfrak{L}_{lm}^*\wedge\mathfrak{L}_{lm} + \frac{2l(l+1)}{2l+1}\,k^{2l+1}\,i\sum_{m=-l+1}^{l-1}\mathfrak{M}_{l-1,m}^*\wedge\mathfrak{M}_{l-1,m};$$

([3]) Dans (6) et (7), les moments multipolaires sont définis en fonction des densités complexes $\rho(\mathbf{r})e^{i\omega t}$ et $\mathbf{I}(\mathbf{r})e^{i\omega t}$.

en particulier, les termes d'*interférence* (en $\mathcal{L}_{lm}$ et $\mathcal{M}_{l-1,m}$) sont nuls. Quant à la moyenne temporelle des flux d'impulsion, elle est nulle en vertu de la relation $Y_{lm}(\pi-\Theta, \pi+\Phi)=(-1)^l Y_{lm}(\Theta, \Phi)$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réduction du mélange ester-acétone, en milieu acide. Rôle de la proportion d'acétone. Mécanisme de réaction.* Note [1] de M. **Joseph Kapron**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une récente publication [2] nous avons signalé les produits obtenus dans la réduction, en milieu acide, du mélange ester-cétone au moyen du sodium. Au départ de l'ester $R.CO_2C_2H_5$ et de l'acétone $CH_3.CO.CH_3$, nous avions isolé les corps suivants :

un cétol mixte $R.CO.C(OH)(CH_3)_2$;

l'acyloïne $R.CO.CHOH.R$;

un glycérol $(CH_3)_2C(OH).C(OH)R.C(OH)(CH_3)_2$.

Divers résultats ont été précisés depuis; ainsi j'ai obtenu, à l'état cristallisé, le glycérol $C_{10}H_{22}O_3$ dérivé du butyrate d'éthyle, F 60-61° (non corrigé; tr. C % 62,18; H % 11,58; calc. 63,16; 11,57), soluble dans l'alcool, cristallisé dans l'alcool méthylique à 50 % d'eau par refroidissement.

Cherchant à analyser le mécanisme de ces réactions, j'ai d'abord songé à réduire le mélange de cétol mixte et d'acétone, en milieu acide ou basique. Je n'ai obtenu aucun résultat. La réduction du mélange acyloïne-acétone en milieu acide a été aussi décevante; en milieu basique, elle a conduit à des corps nouveaux, nettement différents des glycérols espérés.

Ainsi, au départ du mélange butyroïne-acétone, j'obtiens quelques grammes du corps suivant : Éb$_{13}$ 131-132°; $d_4^{20,5}$ 0,980; $n_D^{20,5}$ 1,479 (C % 69,94; H % 12,1, calculé pour $C_{11}H_{22}O_2$, C % 70,96, H % 11,8); R. M. tr. 53,7 pour la formule supposée; elle correspond à celle d'un époxyde R. M. calc. 53,9; un cétol donnerait 55,2 et un glycol éthylénique 55,6.

Avec la propioïne, j'ai de même Éb$_{14}$ 118-119°; d_4^{23} 1,019; n_D^{23} 1,4885 (C % 68,5; H % 11,3, calculé pour $C_9H_{18}O_2$, C 68,3; H 11,14); R. M. tr. 44,7 pour un époxyde, R. M. calc. 44,7; pour un cétol 46,0 et pour un glycol éthylénique 46,4.

D'autres réductions ont été tentées sur les mélanges dicétone et cétone, mais à cause des rendements insignifiants elles ne furent pas suivies.

Dès lors, j'ai abordé autrement le problème. Laissant les autres conditions invariables, j'ai opéré avec diverses proportions d'acétone. Voici le tableau des résultats; il révèle que pour des proportions équimoléculaires d'ester et de cétone, il y a maximum pour le glycérol et le cétol, et minimum pour l'acyloïne.

---

(1) Séance du 2 septembre 1946.

(2) J. Wiemann et J. Kapron, *Bull. Soc. Chim. de Fr.*, 5e série, 12, 1945, p. 945.

	Acétone.	Cétol.	Acyloïne.	Glycérol.
Butyrate d'éthyle 1 mol-g	1/3 mol-g	5	9	3
	2/3 »	5	8	5
	3/3 »	7	5	7
	4/3 »	7	7	4
Propionate d'éthyle 2 mol-g	3/2 »	3,5	8,5	8,5
	4/2 »	5	6	12
	5/2 »	5	7	9,5
Acétate d'éthyle 1 mol-g	3/4 »	séparation des produits impossible sur les petites quantités de matière obtenue		1,9
	4/4 »			2,0
	5/4 »			1,8
Isobutyrate d'éthyle 1/2 mol-g	3/8 »	ne se forme pas en quantité décelable	3,0	1,8
	4/8 »		3,0	3,0
	5/8 »		4,0	1,8

On est ainsi amené à admettre pour les réactions étudiées la formation d'un corps intermédiaire A, obtenu par addition sans doute de radicaux provenant de la réduction de l'ester et de l'acétone et qui se transformerait :

a. soit en cétol, par réajustement moléculaire;

b. soit en glycérol, par nouvelle addition d'un radical venant de l'acétone.

Le rendement maximum en ce corps, pour des proportions équimoléculaires d'ester et d'acétone, indique une réaction du deuxième ordre et déterminerait, par fixation des radicaux provenant de l'ester par réduction, le minimum observé pour l'acyloïne.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse du diphényl-1.4 (amino-2' éthyl)-2 naphtalène.* Note de MM. **André Étienne** et **Jean Robert**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note précédente [1], nous avons indiqué la préparation du méso-diphénylazanthracène-β par cyclisation du dérivé formylé d'une amine naphtalénique, le diphényl-1.4 (amino-2' éthyl)-2 naphtalène (I); c'est la préparation de cette amine que nous allons décrire ici.

Nous avons appliqué une méthode analogue à celle qui avait été utilisée par l'un de nous [2] pour obtenir le diphényl-1.4 amino-2 naphtalène, matière première utilisée dans la synthèse du mésodiphénylazanthracène-α.

On part également ici de l'aldéhyde diphényl-1.4 naphtoïque-2 (III) préparé, selon le procédé de Weiss et Abeles [3], par condensation diènique du diphénylisobenzofurane (II) avec l'acroléine, puis déshydratation.

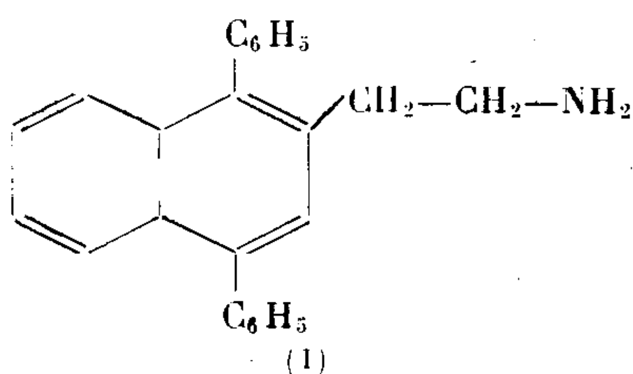
---

(1) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 331.

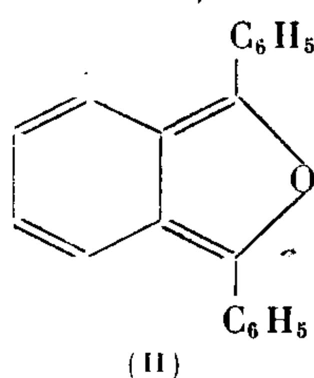
(2) A. Étienne, *Comptes rendus*, 219, 1944, pp. 397-398.

(3) *Monatsh. für Chemie*, 61, 1932, p. 162.

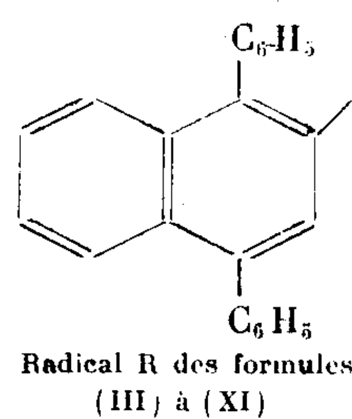
Cet aldéhyde fournit avec l'acide malonique, en présence de pyridine et d'un peu de pipéridine, une réaction d'un type bien connu (condensation de Dœbner) aboutissant à l'acide (diphényl-1.4 naphtyl-2)-3′ acrylique (IV), il faut noter en particulier que la condensation de Perkin n'a pas donné ici de résultats. La double liaison de l'acide acrylique obtenu a été hydrogénée à la température ordinaire en présence de nickel Raney. On aboutit ainsi à l'acide (diphényl-1.4 naphtyl-2)-3′ propionique (V). En milieu acétate d'éthyle l'acide lui-même ne s'hydrogène que très lentement, même en opérant avec de grandes quantités de nickel; une réaction plus rapide a été obtenue avec le sel de potassium en solution dans l'alcool méthylique.



(I)



(II)



Radical R des formules (III) à (XI)

(III) $R-CHO$,

(IV) $R-CH=CH-CO_2H$,

(V) $R-CH_2-CH_2-CO_2H$,

(VI) $R-CH_2-CH_2-CO-NH_2$,

(VII) $R-CH_2-CH_2-CO_2-C_2H_5$,

(VIII) $R-CH_2-CH_2-CO-NH-NH_2$,

(IX) $R-CH_2-CH_2-CO-N_3$,

(X) $R-CH_2-CH_2-NH-CO_2-C_2H_5$,

(XI) $R-CH_2-CH_2-NH-CO-NH-CH_2-CH_2-R$.

L'application à cet acide du procédé de Curtius de préparation des amines nous a permis d'obtenir l'amine attendue. A cet effet on a préparé l'ester (VII), puis l'hydrazide (VIII) que l'on a transformé en azide (IX), par l'acide nitreux. Cet azide, outre son instabilité, est très sensible à l'eau; en effet, traité par l'alcool, il ne donne qu'une très petite quantité d'un corps, F 158°, que l'on suppose être l'uréthane (X), à côté d'une grosse quantité d'urée, indice d'une hydrolyse prématurée au moment de sa formation.

N'ayant pu obtenir en quantité prépondérante l'uréthane, nous avons préparé l'urée symétrique la N-N′ *bis* [(diphényl-1.4 naphtyl-2)-2′ éthyl]-urée (XI) par hydrolyse de l'azide à 100°. Cette urée a l'inconvénient d'être plus difficile à hydrolyser que l'uréthane. La potasse et l'alcool benzylique sont sans effet. Par contre, en milieu chlorhydrique dans le dioxane, après plusieurs heures de chauffage en tube scellé à 150°, l'hydrolyse se fait et l'on obtient le chlorhydrate du diphényl-1.4 (amino-2′ éthyl)-2 naphtalène.

Tous les produits intermédiaires ont été obtenus avec des rendements de 80 %, sauf l'urée dont le rendement de préparation, par hydrolyse de l'azide, n'est que de 45 %.

Une tentative de dégradation d'Hofmann, par l'hypobromite, de l'amide (VI), obtenue à partir du chlorure de l'acide (diphényl-1.4 naphtyl-2)-3′ propionique, n'a pas donné de résultats encourageants. Ceci peut s'expliquer par la

formation de produits difficiles à hydrolyser (urée en particulier) dans les conditions opératoires (milieu alcalin).

Description des produits obtenus. — Acide (diphényl-1.4 naphtyl-2)-3′ acrylique (IV) ($C_{25}H_{18}O_2$), petites aiguilles (benzène), F 245°.

Acide (diphényl-1.4 naphtyl-2)-3′ propionique (V) ($C_{25}H_{20}O_2$), prismes rectangulaires allongés (alcool méthylique), F 170°.

(Diphényl-1.4 naphtyl-2)-3′ propionate d'éthyle (VII) ($C_{27}H_{24}O_2$), aiguilles (alcool méthylique), F 87°.

(Diphényl-1.4 naphtyl-2)-3′ propionhydrazide (VIII) ($C_{25}H_{22}ON_2$), aiguilles (eau+alcool), F 142°.

(Diphénl-1.4 naphtyl-2)-3′ propionazide (IX) ($C_{25}H_{19}ON_3$), produit instable, fondant instantanément avec décomposition vers 80°.

(Diphényl-1.4 naphtyl-2)-3′ propionamide (VI) ($C_{25}H_{21}ON$), prismes (benzène), F 170°.

N-N′ *bis* [(diphényl-1.4 naphtyl-2)-2′ éthyl]-urée symétrique (XI) ($C_{49}H_{40}ON_2$), aiguilles (benzène), F 224°.

Diphényl-1.4 (amino-2′ éthyl)-2 naphtalène (I) ($C_{24}H_{21}N$), prismes (acétate d'éthyle), F 128°. Chlorhydrate ($C_{24}H_{22}NCl$), aiguilles, F 268°-270° avec décomposition; chlorhydrate monohydraté ($C_{24}H_{22}NCl$, H_2O), prismes hexagonaux (eau), F 165°-167°.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence d'un ancien anticlinal de Briovérien dans la Gâtine cristalline de Parthenay (Deux-Sèvres).* Note [1] de M. GILBERT MATHIEU.

La Gâtine constitue un relief assez vigoureux du Poitou, dans l'angle extrême S-E du Massif Armoricain, relief dont la crête sépare les affluents de la Loire (Sèvre Nantaise, Thouet) des petits fleuves côtiers (Sèvre Niortaise, Vendée). On peut y distinguer une Gâtine schisteuse s'étendant de la colline de l'Absie et du Massif de la Forêt de Secondigny vers Saint-Maixent et la forêt de l'Hermitain, tandis qu'une Gâtine cristalline s'allonge de Bressuire vers Parthenay et le Terrier du Fouilloux. Je me suis efforcé, dans toute une série de publications [2], de faire connaître la structure de la Gâtine schisteuse constituée par des plis étroits et parallèles avec des synclinaux qui ont conservé du Cambrien, du Silurien, du Dévonien et du Carbonifère (Ardin).

La Gâtine cristalline nous apparaît, sur la carte géologique au 1/80000 de Bressuire n° 131 (1re édition due à F. Wallerant, publiée en 1899), comme formée de longs batholites parallèles de granite et de granulite, séparés par d'étroites bandes de schistes briovériens : bande de La Chapelle-Gaudin à Saint-Loup-sur-Thouet, bande de Clazais à Parthenay. Or, presque tout est à reprendre au sujet de la cartographie des batholites. Il n'existe pas, comme le figure Wallerant, des massifs granitiques homogènes, sauf peut-être dans la région de la granulite franche à grandes paillettes de muscovite de Bressuire.

---

(1) Séance du 26 août 1946.

(2) G. MATHIEU, *Thèse*, Lille, 1937.

Partout ailleurs on n'a que des bandes assez étroites de granulite, de gneiss granulitique, de granite gneissique à deux micas, de granite à biotite qui ne masquent pas complètement l'ancienne structure du Précambrien métamorphique montrant des séries très redressées de schistes micacés, de cornéites, de grauwackes amphiboliques, de gneiss et micaschistes avec amphibolites grenatifères. L'arrivée des granulites carbonifères, accompagnées d'aplite, de pegmatite et de filons de quartz, a donné, par réaction, des bandes de diorites et de granite à amphibole (Parthenay-le-Vieux et Laubreçais au Nord de Clessé).

J'ai reconnu, du Nord au Sud, de Thouars jusqu'à Saint-Pardoux-en-Gâtine, les bandes suivantes d'amphibolites, non portées sur la feuille de Bressuire :

1° Bande de l'église de Glenay dans les schistes micacés;

2° Bande du Château de Soulièvre, dans la vallée du Thouet au Nord d'Airvault, encadrée par la granulite rose de Thouars;

3° Bande d'Airvault-sur-Thouet (Moulin de la Cosse) recoupée par des aplites et des granulites roses;

4° Bande de Louin, bordée au Sud par un filon de granulite rose de Thouars;

5° Bande de Laubreçais au milieu du granite à amphibole de Clessé;

6° Bande de la Violette, au Sud d'Adilly, comprise entre le Briovérien métamorphique au Nord et le Granite à biotite au Sud. Cette bande se prolonge jusqu'à la Baudrière (commune de Fénéry), passant alors à la microdiorite;

7° Bande de la Vergne (en La Chapelle-Saint-Laurent) comprise entre le granite au Nord et les schistes micacés du Briovérien au Sud (captage d'eau potable de La Chapelle-Saint-Laurent);

8° Bande de La Reveillère (commune de Le Tallud) comprise dans les micaschistes et les gneiss qui se prolonge jusqu'à la Goudelière dans la tranchée du chemin de fer entre Parthenay et Saint-Pardoux-en-Gâtine.

Toutes ces bandes d'amphibolites sont inclinées à 75° Sud-Ouest; elles s'allongent suivant une direction sud-armoricaine.

Tectonique d'ensemble. — Le Briovérien métamorphique à pendage Sud-Ouest 75°, avec bande d'amphibolite entre Parthenay et Bressuire, s'adosse au Nord-Est contre des granulites et des granites à deux micas, mais ces granites sont plus récents d'après l'argument des filons. A l'Est de Parthenay, en allant vers Vieille-Peyratte, des gneiss granulitiques et du Briovérien granulitisé montrent un pendage 45° Nord-Est. Ce pendage Nord-Est s'observe également à la gare de Saint-Loup-sur-Thouet dans des gneiss et micaschistes avec passage graphitique.

La vallée du Thouet plus au Nord traverse des quartzo-phyllades séricitiques (recoupés de filonnets de granulite blanche) avec une disposition des strates en éventails (verticales au centre); en continuant sur Airvault, on retombe sur une série à amphibolite inclinée 75° Sud-Ouest, recouverte en discordance par le Toarcien.

Un axe synclinal passe donc par Saint-Loup-sur-Thouet, tandis que le granite

à deux micas de Parthenay légèrement gneissique (par écrasement) occupe une position anticlinale.

En conclusion : 1° Il y a nettement une voûte anticlinale dans le Briovérien à Parthenay (voûte ébréchée dès le Lias);

2° Les bandes d'amphibolites du Briovérien métamorphiques persistent au milieu ou au contact du granite de la Gâtine, de même que les phtanites (³) dans la région côtière du Bas-Bocage de Vendée n'ont pas été entamées par la granulite de Palluau.

Dans ces deux cas, le phénomène de granitisation reste superficiel ou tout au moins, le niveau d'érosion actuel n'entame jamais les zones profondes des batholites.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations sur le Permien du bassin de Blanzy.* Note (¹) de M. **Jean Louis**, présentée par M. Charles Jacob.

Les relations entre le Houiller de la bordure et le Permien qui occupe tout le centre du bassin de Blanzy constituent un problème fondamental pour l'étude de celui-ci.

Delafond (²) admettait la présence d'une discordance entre le Stéphanien et l'Autunien, avec lacune de l'Autunien inférieur et indépendance complète du Saxonien par rapport à l'Autunien. P. Termier et G. Friedel (³) reconnurent la continuité entre le Stéphanien et l'Autunien, mais ils crurent voir un charriage de Saxonien sur Autunien et Stéphanien plissés. En réalité, de nombreuses observations et coupes témoignent d'une sédimentation continue depuis le Stéphanien jusqu'au Permien supérieur.

Tous les géologues, qui ont étudié, après Termier et Friedel, les sondages de la Compagnie des Mines de Blanzy, ont été unanimes à souligner l'absence d'une discordance observable entre le Houiller et l'Autunien. Entre les assises houillères les plus élevées à *Odontopteris* et *Cordaites* et les schistes à *Walchia, Callipteris conferta* et *Tœniopteris multinervis*, se place un complexe schisto-gréseux de 300 à 400^{m} qui ne montre aucune trace de phénomène orogénique, aucune discontinuité dans la sédimentation, et dans lequel le départ entre Houiller et Permien se fait par des caractères lithologiques peu précis. Les quelques travers-bancs des Mines de Blanzy, qui ont atteint la limite du Permien en deçà de la faille dite des *grès rouges* confirment ce résultat.

Lorsque l'on monte dans la série des schistes à *Walchia*, la formation devient de plus en plus gréseuse; les bancs de schiste se raréfient; on passe à des arkoses blanches qui prennent localement une teinte rose lorsqu'elles se chargent d'orthose, comme aux carrières de Lavriots : c'est là le *Saxonien inférieur* de Delafond. Le passage continu des schistes aux arkoses est bien visible à Courmarcou, en remontant la vallée au Sud du

(³) G. Mathieu, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 940.

(¹) Séance du 2 septembre 1946.

(²) *Bassin houiller et permien de Blanzy* (*Gites minéraux de la France*, 1902).

(³) Notes inédites et Congr. géol., Liége, 1922.

village : au Sud-Ouest de la vieille verrerie, entre Sanvigne et Bois du Verne, le long du ruisseau du Marais, à la digue de l'étang du Martenet, et, en général, partout où affleurent les schistes à *Walchia*. La puissance des deux formations précédentes est difficile à mesurer avec précision, car les limites en sont imprécises et peu de travaux les ont recoupées en entier; les accidents tectoniques sont d'autre part nombreux. D'après les documents relatifs au sondage du Bois du Verne, elle serait de l'ordre de 500 mètres dans la région de Montceau.

Au sommet des arkoses blanches apparaissent des bancs de grès sableux à pâte rubéfiée : c'est le début du *Saxonien supérieur* de Delafond, qui s'observe particulièrement bien sur la route Sanvigne-Dompierre, à partir du carrefour de la route de Perrecy jusqu'à l'Oudrache, où l'on voit :

A la base alternent les sables gréseux rouges et blancs.

A 300 mètres au Nord-Est du carrefour de la route de Perrecy se montrent des arkoses rouges, dures, avec, par endroits, des cailloux roulés; on les retrouve, à un niveau peu élevé dans la série, sur la route du Creusot à Mâcon, au Sud-Est des carrières des Lavriots et au croisement avec la route du Musseau à Essertenne, ainsi que sur la route de Blanzy à Montcenis, au Nord-Ouest de la cote 334.

Puis les sables gréseux rouges et blancs réapparaissent et acquièrent progressivement une teinte rouge uniforme : les observations tectoniques y deviennent dès lors très difficiles.

L'épaisseur des grès rouges, elle aussi impossible à déterminer avec précision, est considérable et dépasse 500 mètres; mais l'érosion a enlevé la partie supérieure jusqu'à un niveau que l'on ne peut dater faute de fossiles, et le dépôt était donc certainement encore plus important.

Avant la mise en place des arkoses du Trias intervint en effet une phase majeure de plissement et d'érosion : à Perreuil, Perrey, Charrecey, Saint-Romain, les formations secondaires horizontales ou peu inclinées reposent sur tous les niveaux précédents et témoignent vis-à-vis d'eux d'une indépendance absolue.

Dans toutes les localités où affleurent les formations de schistes à *Walchia*, on peut observer les transitions précédemment décrites : à Charmoy, aux Martenets, aux Chapitres, à l'Echenault, Grenouillat, à la ferme du Sauvage à 2^{km} au Sud-Ouest de Montanloup. Mais ce sont surtout les coupes d'ensemble qui montrent la continuité du Permien supérieur sur le Permien inférieur et de celui-ci sur le Stéphanien. Nulle part on n'observe de contact des grès rouges avec les schistes à *Walchia*, autrement que par des accidents tectoniques évidents; il y a partout au contraire passage progressif avec pendages concordants. Une prochaine Note précisera les observations tectoniques et montrera la présence de grandes failles méconnues jusqu'ici; leur existence explique les erreurs de certains auteurs.

Quel âge faut-il attribuer au Permien de Blanzy? L'absence de discontinuité avec le Houiller, les fossiles étudiés à Charmoy et aux Martenets par Zeiller conduisent à en attribuer la base à l'Autunien, mais on ne peut placer aucune limite précise entre les schistes à *Walchia* et les arkoses blanches, pas plus qu'entre celles-ci et les grès rouges. L'âge de ces derniers, rangés dans le Saxonien en raison de leurs caractères lithologiques, n'est lui-même pas certain. Comme il y a intérêt à garder les trois divisions, il convient

d'employer des termes moins affirmatifs que ceux de Saxonien inférieur ou supérieur, et de s'en tenir, au moins provisoirement, à ceux de Permien inférieur, moyen et supérieur.

GÉOLOGIE. — *Stratigraphie de l'Antécambrien au Sahara. Le Nigritien.* Note de M. **Roman Karpoff**, présentée par M. Charles Jacob.

Les terrains antécambriens du Sahara central on été jusqu'à présent subdivisés en Suggarien, formation la plus ancienne, et en Pharusien, formation plus récente débutant par un conglomérat de base ([1]). L'étude du Sahara soudanais montre, ainsi que le précisera une Note ultérieure, l'extension du Suggarien et du Pharusien à la région des massifs isolés situés à l'Ouest de l'Adrar des Iforas. En outre, il convient d'ajouter un troisième terme aux deux précédents.

I. Dans le Timétrine, un conglomérat à niveaux gréseux, non métamorphique, épais de 2000^m et quelquefois énergiquement plissé, repose sur le Pharusien. L'apparition du conglomérat remonte à la phase finale des émissions de rhyolites, que l'on peut suivre presque sans discontinuité jusqu'à l'Adrar Tidjerazrazzé dans le Nord, en un long champ de dykes souvent très quartzeux ou très calciques plus récents que le Pharusien.

II. Dans la partie occidentale de l'Adrar des Iforas, deux formations sont séparées par une discordance très nette.

A la base et coupé notamment par un granite hyperalcalin à riebeckite et par des roches basiques, le complexe de Tessalit est formé d'arkoses, de quartzites, de schistes verts ou gris, de roches basiques et de conglomérats intraformationnels verdâtres à galets assez rares de rhyolite.

On suit ce complexe à l'Est d'Aguelhoc, puis aux Oueds Acharabba, Tadjmart, Tahaltt et Telrecht où une bande étroite et parfois discontinue de schistes verts et de conglomérats à cailloux écrasés de rhyolite est pincée dans une masse de gneiss et de granites suggariens. Deux autres affleurements parallèles de schistes et de conglomérats intraformationnels se retrouvent dans l'Adrar Imedden et au Sud de l'Adrar Mariouet. Toutes ces roches souvent calciteuses sont pharusiennes.

Or, sur ce Pharusien, et longue de 900^m, repose à l'Ouest de Tessalit une lentille tordue et faillée d'un conglomérat chargé de cailloux roulés de rhyolite. Un conglomérat très analogue à coulées interstratifiées de rhyolite, des bancs d'arkose grossière et des grès séricitenx affleurent dans l'Oued Tahort où leur épaisseur, réduite par une faille, est encore de 2000^m; la discordance sur le massif rhyolitique de l'Adrar Tirarar est admirablement visible en de nombreux endroits. M. Lelubre (communication orale) a rencontré deux fois des conglomérats non métamorphiques plus au Nord que Tessalit, lors d'un trajet Tin Aberda-Tirek; ceux-ci pourrait appartenir à la même série plus récente que le Pharusien.

En résumé, dans le Timétrine, un ensemble gréso-conglomératique, épais et très plissé, est nettement associé à la phase finale des émissions rhyolitiques post-pharusiennes.

Dans la zone occidentale de l'Adrar, les roches portent les traces d'un violent écrasement plus récent que le dépôt d'un conglomérat éruptif et faillé, reconnu

([1]) C. Kilian, *C. R. Somm. S. Géol. Fr.*, 1932, p. 87.

à Tessalit. Le Pharusien sous-jacent est pincé en une bande étroite dans le Suggarien très métamorphique à l'Est et loin vers le Sud d'Aguelhoc.

Une nouvelle formation s'individualise donc dans l'Antécambrien du Sahara. Débutant en corollaire immédiat des principales émissions rhyolitiques, la série-type est discordante sur le Pharusien dans le Timétrine et à l'Ouest de Tessalit. Dans ces terrains, peu ou point métamorphiques, cependant des plissements, des failles et des écrasements, aboutissant même à des mylonites, témoignent d'une tectonique aux effets violents. Avec les rhyolites qui en marquent l'apparition, je propose pour cette troisième formation antécambrienne le nom de *Nigritien* (2).

Des terrains un peu analogues sont connus dans l'Anti-Atlas; ils diffèrent du *Nigritien* par une tectonique en général bien plus tranquille (3).

GÉOLOGIE. — *Sur les séries antécambriennes du Tibesti septentrional.* Note de M. **Maurice Lelubre**, présentée par M. Charles Jacob.

L'existence de roches cristallines au Tibesti fut reconnue par Nachtigal en 1869; plus tard J. Tilho signalait la présence de schistes cristallins et de granites écrasés dans la région de Miski, tandis que Rottier découvrait des arkoses métamorphiques dans le Turkou. Mais c'est surtout M. Dalloni qui montra la vaste extension des formations métamorphiques dans le Nord du Tibesti, formations qui sont recouvertes en discordance par d'épaisses assises gréseuses paléozoïques et qu'on peut considérer, de même qu'en Ahaggar, comme antécambriennes. Enfin A. Desio a montré en 1940 que ces affleurements se prolongent vers le Nord-Est dans le Dohone. Des observations nouvelles effectuées au cours d'une mission au Tibesti septentrional, d'octobre 1945 à février 1946, me permettent de préciser les caractères de l'Antécambrien du Tibesti.

M. Dalloni (1), puis A. Desio (2) ont cru pouvoir distinguer deux séries correspondant à un Archéen et à un Algonkien; mes observations n'ont pas confirmé cette hypothèse. Aucune discordance stratigraphique n'est visible; le métamorphisme varie progressivement; enfin, dans l'ensemble, les plissements obéissent à un plan structural unique; aussi doit-on considérer que les schistes cristallins et les roches éruptives qui leur sont liées appartiennent à un seul cycle orogénique.

L'examen des schistes cristallins qui affleurent sans interruption sur le bord

(2) Du nom d'une peuplade, les Nigrites, qui a vécu dans le Sud algérien (S. Gsell, *Histoire ancienne de l'Afrique du Nord*).

(3) G. Choubert, *Comptes rendus*, 221, 1945, pp. 182-184 et 249-251.

(1) *Mém. Acad. Sc.*, 61, 1934.

(2) *Il Tibesti Nord Orientale*, Roma, 1942.

nord du massif met en évidence des différences lithologiques correspondant à des variations de faciès.

Dans la partie ouest dominent des schistes verdâtres peu métamorphiques, schistes à séricite alternant avec des grès fins ou des arkoses métamorphiques; la série est monotone, les couches, redressées au voisinage de la verticale, orientées NNE, se poursuivent vers l'Est au delà du Yébigué. Dans la région de Taanoa, les arkoses dominent et renferment des lentilles de conglomérats à galets de quartz. Quelques bancs de cipolins s'intercalent entre le Domous et le Sanaka, suivis par des schistes métamorphiques passant plus loin à des micaschistes.

Plus à l'Est, la vallée de Kahbor, déjà décrite par M. Dalloni, montre une très belle coupe où l'on voit, succédant aux schistes, s'intercaler d'épaisses masses de cipolins et de conglomérats calcaires, suivis de quartzites micacés, de *schistes carburés*, puis d'épaisses assises de quartzites, enfin des schistes amphiboliques et des schistes micacés, qui vont disparaître sous la falaise gréseuse du Dohone.

Cette série quartzo-calcaire se poursuit vers le Nord sans discontinuité, jusqu'à être recouverte par les formations éocènes au Nord de l'Enneri Eguei. Vers Edeba, on voit s'intercaler des talcschistes.

Toutes ces séries sont fortement plissées; à l'Ouest règne un régime de plis isoclinaux serrés, redressés, orientés NNE, et dont les charnières sont parfois bien visibles (E. Bardagué). Mais en se déplaçant vers l'Est, en même temps qu'au changement dans la nature des roches, on assiste à une transformation progressive du style tectonique : dans l'Ouest du Dohone, les épaisses masses de quartzites et cipolins sont affectées de larges plis, alors que les quartzites micacés, au contact des schistes plastiques, se plissent en plis souples, déversés ou couchés vers l'Est ou le Sud-Est. Cette tectonique souple, admirablement visible, rappelle étonnamment celle de l'Ahaggar.

Les phénomènes d'écrasement, sur lesquels A. Lacroix attira le premier l'attention ([3]), sont visibles un peu partout, mais semblent s'accentuer dans certaines zones de mylonitisation.

De nombreux granites apparaissent dans ces séries : tous sont antérieurs à la couverture; ils sont donc également antécambriens. Les plus anciens sont des granites écrasés affleurant vers Edeba; il est difficile de voir leurs relations avec les séries voisines et leur appartenance à un cycle plus ancien ne saurait être exclue. De petits pointements granitiques à l'Ouest de Bardai sont écrasés dans les plis de la série métamorphique. Mais la majeure partie des granites sont syntectoniques, enserrés dans les plis des schistes cristallins, souvent écrasés en bordure en même temps que les roches encaissantes qu'ils métamorphisent; les plus remarquables sont les granites à gros feldspaths de la région de Yédri. Enfin, il existe des granites post-tectoniques, recoupant *à l'emporte-pièce* les schistes cristallins plissés et y produisant de classiques auréoles de contact; de beaux exemples s'en observent dans le Domous.

Dans le Dohone, on assiste à une migmatisation locale à l'Ouest de l'E. Mouzorké; elle semble postérieure aux principaux plissements des schistes cristallins. Dans le Sud-Ouest du Dohone il semble qu'un phénomène analogue ait transformé les schistes métamorphiques en amphibolites puis en diorites.

Enfin il existe des formations volcaniques recouvertes en discordance par les grès paléozoïques, localisées dans la partie haute de l'E. Kemmé; laves, brèches volcaniques de type rhyolitique, ordinairement écrasées, semblent se placer à la partie supérieure de l'ensemble cristallophyllien.

([3]) *Comptes rendus*, **168**, 1919, p. 1169.

En résumé, les formations métamorphiques du Tibesti septentrional constituent un ensemble homogène, issu de séries sédimentaires dans lesquelles les faciès semblent, dans l'ensemble, s'ordonner dans le sens d'une profondeur croissante d'Est en Ouest, avec variation simultanée du style tectonique qui conserve son unité de plan structural. Le métamorphisme apparaît antérieur à l'orogenèse. Les granites se distribuent en plusieurs venues successives et le volcanisme semble apparaître en fin de cycle.

On constate une analogie remarquable avec les séries *pharusiennes* de l'Emmidir et de l'Ahnet, à l'Ouest de l'Ahaggar, ou avec celles de l'O. Sersouf, au Sud-Est du même massif. Il n'est pas impossible que toutes ces formations appartiennent à un même cycle orogénique.

GÉOLOGIE. — *Sur le Quaternaire côtier libanais et les oscillations du niveau de la mer au Quaternaire.* Note de M. **Louis Dubertret**, présentée par M. Charles Jacob.

Des lambeaux de terrasses marines et fluviatiles témoignent sur la côte libanaise, comme ailleurs en Méditerranée, des oscillations du niveau de la mer au Quaternaire. Les maxima ont été successivement à 65^{m}, 45^{m}, 35^{m} et 15^{m}. L'amplitude des régressions intermédiaires est difficile à apprécier : du grès dunaire plongeant sous la mer ou formant des îlots indique cependant qu'à une époque récente le plan d'eau s'est abaissé au-dessous du zéro actuel. La corrélation entre ces oscillations et les formations quaternaires est parfois malaisée.

Ainsi, au Sud de Beyrouth s'étend, sur 10^{km}, du grès dunaire à surface lapiésée, recouvert, excepté sur ses crêtes, par une couche rouge sableuse, à sable uniquement quartzeux, due à la décalcification de sa surface. Cette *terra rossa* emballe, dès sa base, des silex taillés isolés du Levalloisien supérieur, puis vers la surface, en plus grande abondance, du Moustérien, du Néolithique et des poteries romaines. Par-dessus chassent les dunes mouvantes claires.

Le préhistorien P. A. Bergy [1] avait remarqué, au contact du grès dunaire avec la butte cénomanienne de Ras Beyrouth, un poudingue marin de cote + 8^{m}, comportant des silex taillés de facture moustiérienne. Il le décrit comme reposant sur le socle cénomanien et recouvert par du grès dunaire s'élevant jusqu'à 25-30^{m}. Il assimile ce dernier au grès sous-jacent au sol rouge dans le pays d'anciennes dunes au Sud de Beyrouth et attribue au niveau + 8^{m} un âge paléolithique ancien.

J. Bourcart [2] mentionne ces vues sans les rectifier.

En fait, le niveau de plage + 8^{m} de Bergy est disposé obliquement dans une masse sableuse et gréseuse à faune marine et rares silex taillés, et s'élève de 7^{m} à 13^{m}, puis s'efface sous un grès *marin*, couronné à 16^{m} par une lumachelle : il se place au sein de la terrasse de 15^{m} (cote exacte, 16^{m}). Celle-ci s'appuye contre le Cénomanien et contre le grès dunaire que Bergy croyait la surmonter; elle ravine ce grès dunaire. Elle est couverte par une mince couche de sol rouge, puis d'un peu de grès dunaire tardif. Le grès dunaire

---

[1] *Mélanges de l'Université Saint-Joseph*, Beyrouth, Liban, **16**, 1932, v, pp. 169-217.

[2] *Bull. Soc. géol. Fr.*, **10**, 1940, pp. 207-230.

sous-jacent à la terrasse sort de la mer avec le faciès dunaire et s'élève jusqu'au haut de la butte de Beyrouth. Il est bien le même que celui qui, au Sud de Beyrouth, pointe sous la couche rouge à silex levalloiso-moustériens. Dans cette région, ses pointements ne dépassent qu'exceptionnellement 35^m, tandis que des carrières et puits s'y enfoncent de 15 à 25^m. Près de l'embouchure du Nahr Rhadir, du poudingue a été rencontré au-dessous de lui à la cote zéro.

Ces faits et la disposition d'ensemble du pays dunaire ancien montrent que le grès dunaire date de la régression qui a suivi le maximum de 35^m et que cette régression a été jusqu'au-dessous du zéro actuel. La formation du sol rouge a pu commencer dès cette époque, se poursuivre pendant le maximum de 15^m et après.

Dans la plateforme côtière de Jbail, à 30^{km} au Nord de Beyrouth, du poudingue grossier mélangé de grès représente les terrasses de 45^m, 35^m et 15^m (16^m). Le poudingue de la terrasse de 15^m atteint la mer au port antique de Jbail et s'y enfonce sous la mer, tandis qu'un grès dunaire postérieur, émergeant de la mer en larges voûtes, vient s'appuyer contre lui et, un peu plus au Sud, s'élève jusqu'à l'ancien Byblos.

Conclusions. — 1° Le maximum de 35^m a été suivi, comme celui de 15^m, d'une régression jusqu'au-dessous du zéro actuel. Les terrasses de 35^m et de 15^m sont nettement distinctes; les grès dunaires émergeant de la mer sur la côte libanaise peuvent donc être de deux âges différents, soit postérieurs au niveau de 35^m, soit postérieurs au niveau de 15^m.

2° Il va être possible de rapporter les riches industries paléolithiques de Beyrouth à la chronologie géologique. H. Fleisch (³), qui a examiné nos silex taillés, a découvert, de son côté, à Ras Beyrouth, une *ancienne industrie à éclats*, emballée dans une brèche contemporaine du rivage de 45^m. Plus bas, sur le palier de ce rivage, une alluvion torrentielle avait donné à Bergy du Levalloisien ancien. Ces industries ne se retrouvent pas dans l'ancien pays dunaire au Sud de Beyrouth, ce qui prouve bien qu'il est postérieur. La couche rouge, le niveau $+8^m$ de Bergy, ainsi qu'un dépôt du rivage de 15^m signalé à proximité par Fleisch (⁴), ont fourni par contre à peu près le même Levalloisien récent. Quant au Moustérien, il ne semble déjà plus faire partie d'un sédiment; il est posé sur la couche rouge; de même, le Paléolithique supérieur, le Néolithique et les poteries romaines. Ce tableau des industries lithiques reste incomplet, parce que nous ignorons encore la place des industries à bifaces. Celles-ci sont presque inconnues sur le promontoire de Beyrouth et ne se manifestent qu'à l'approche de la montagne, dans les alluvions du Nahr Beyrouth (Acheuléen de Furn el Chebak et Abbevillien de Sinn el Fil).

(³) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 249.
(⁴) *Communication à la Société préhistorique de France*, juillet, 1946.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sensibilisation des tissus végétaux à l'action de la colchicine sous l'influence du ricinoléate de sodium.* Note de M. **Guy Deysson**, présentée par M. René Souèges.

Dans une Note antérieure ([1]) nous avons signalé qu'un traitement préalable ou simultané par l'éther ou le chloroforme augmente la sensibilité des cellules méristématiques radiculaires de bulbes d'*Allium Cepa* L. à l'action mitoclasique de la colchicine. Cette action se manifeste alors pour des concentrations qui, seules, sont inactives et, pour des concentrations déjà un peu actives par elles-mêmes, l'action de la colchicine est plus précoce et plus intense. Nous indiquions, en terminant, que ces faits nous semblaient pouvoir être expliqués par une augmentation de la perméabilité des tissus pour la colchicine.

En vue de confirmer cette hypothèse, nous avons voulu rechercher s'il n'était pas possible d'obtenir une telle sensibilisation sous l'influence d'un savon, le ricinoléate de sodium. On sait, en effet, que les savons dissocient de nombreuses cénapses lipo-protéidiques et exercent une action hydrotrope sur les constituants cellulaires lipoïdiques comme la lécithine et le cholestérol. D'ailleurs, G. Valette ([2]) a pu mettre en évidence une action favorisante du ricinoléate de sodium sur la toxicité de la strychnine pour l'Épinoche, action qu'il rapporte également à une augmentation de perméabilité des branchies.

Il était tout d'abord nécessaire d'étudier l'action propre exercée éventuellement par le ricinoléate de sodium sur la division cellulaire. Pour cela, nous avons cultivé des bulbes d'*Allium Cepa* sur liquide de Knop dilué au demi et additionné de ricinoléate de sodium à des concentrations variant de $0^g,10$ % à $0^g,001$ %. Nous avons ainsi constaté qu'un traitement de courte durée (1 à 2 heures) par une solution à $0^g,01$ % se montre parfaitement supportable pour les cellules des méristèmes radiculaires et ne provoque qu'une diminution du nombre des cellules entrant en cinèse, sans aucune anomalie mitotique; aucune anomalie non plus n'est observée lorsqu'un tel traitement est suivi d'un retour de durée variable sur liquide de Knop au demi. Pour des traitements de plus longue durée, on peut utiliser une concentration de $0^g,005$ %; au bout de 28 heures, on n'observe souvent pas d'autre effet qu'une diminution de l'index mitotique d'environ 30 %. Cependant, parfois, l'action mitodépressive peut être encore plus intense; elle s'accompagne alors d'un début de pycnose et l'on peut observer, lorsque les cinèses ont presque complètement disparu, un petit nombre de cellules binucléées et même, exceptionnellement, de très rares stathmométaphases.

Nos expériences de sensibilisation ont été conduites de deux manières différentes. Dans un premier cas, nous avons fait agir *successivement* le ricinoléate

([1]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 289.
([2]) *C. R. Soc. Biol.*, **137**, 1943, p. 114.

de sodium à la concentration de $0^g,01$ %, pendant 1 heure ou 1 h. 30 min., puis la colchicine à la concentration de $0^g,005$ % et nous avons comparé les racines ainsi traitées aux racines normales et à celles qui n'ont subi que l'un ou l'autre des deux traitements. Un prélèvement effectué cinq heures après le début du traitement colchiciné, par exemple, permet de constater que, tandis que l'action mitoclasique exercée est nulle sous l'action du ricinoléate et faible sous l'action de la colchicine (les stathmocinèses représentent 3 % des métaphases dans un méristème, 24 % dans un autre), elle est au contraire très intense sous l'action des deux corps (les stathmocinèses correspondent à 55 % des métaphases dans un cas, à 80 % dans un autre). Le séjour préalable de 1 h. 30 min. des racines dans un milieu renfermant $0^g,01$ % de ricinoléate de sodium a donc, au cours des heures suivantes, sensibilisé les méristèmes à l'action de la colchicine.

Dans un autre type d'expériences, nous avons fait agir *simultanément* le ricinoléate et la colchicine, tous deux à la concentration de $0^g,005$ %, les milieux témoins étant constitués par le liquide de Knop au demi, employé seul ou additionné de l'un ou l'autre des deux corps. Après 28 heures d'action, nous avons constaté que, alors que la colchicine seule n'exerçait qu'une action mitoclasique très modérée (13 % de stathmocinèses pour les méta-, ana- et télophases dans un cas, 27 % dans un autre) en présence de ricinoléate de sodium, l'effet mitoclasique s'étendait à la quasi-totalité des cinèses (93 % dans un cas, 95 % dans un autre). L'addition de $0^g,005$ % de ricinoléate de sodium provoque donc une forte sensibilisation des méristèmes à l'action de la colchicine; cette sensibilisation peut être observée jusqu'au seuil de l'action toxique propre du ricinoléate de sodium.

Conclusion. — Le ricinoléate de sodium sensibilise les tissus végétaux (racines d'*Allium Cepa*) à l'action mitoclasique de la colchicine; cependant, il n'exerce par lui-même aucune action de cette nature. Nous pouvons donc conclure à une augmentation de la perméabilité cellulaire, comme nous l'avions fait précédemment pour l'éther et le chloroforme.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Les croisements d'espèces dans la famille des* Gryllidæ : *croisement* ♀ Gryllus bermudensis *Caudell* × ♂ Gr. campestris *L.* Note de Mlle **Germaine Cousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les possibilités d'hybridation interspécifique chez les Gryllides ont déjà été démontrées par le croisement que j'ai obtenu entre *Gryllus bimaculatus* de Geer (*B*) et *Gr. campestris* L. (*C*). Ces deux espèces voisines donnent des hybrides F_1 indéfiniment féconds, quel que soit le sens du croisement. Il y a cependant des différences spécifiques caractéristiques; ainsi le croisement est plus facile et la descendance plus abondante dans le sens ♀ *B* × ♂ *C* que dans le réciproque. Cela est lié à des différences ovulaires et à la moindre fécondité de l'espèce *C* en captivité.

Pour avoir d'autres possibilités d'analyse des processus qui règlent les transmissions des caractères spécifiques, j'ai expérimenté avec des espèces du genre *Gryllus* très éloignées les unes des autres et qui, géographiquement isolées depuis longtemps, ont pu évoluer dans des directions différentes. J'ai choisi, d'une part, des Grillons d'Amérique, *Gr. assimilis* Fabr. var. *pensylvanicus* Burm. et des îles Bermudes, *Gr. bermudensis* Caudell (*Br*) et, d'autre part, nos Grillons indigènes *Gr. bimaculatus* et *Gr. campestris*, pour en obtenir l'hybridation. *Gr. assimilis* et *bermudensis* ne montrent aucune attraction réciproque, malgré des similitudes morphologiques assez étroites. Par contre, ces deux espèces croisées avec *B* et avec *C* se sont accouplées, quelles que soient les combinaisons d'espèces. Cependant, malgré la pose et le maintien du spermatophore dans les organes génitaux femelles, les pontes n'ont pas donné de descendance. Renouvelant toujours les expériences, j'ai fini par obtenir, après huit années d'essais, quelques éclosions des pontes de ♀ *Br* croisées avec ♂ *C*. Les jeunes, beaucoup plus petits que ceux de ces espèces, étaient numériquement si faibles et leur apparition était si accidentelle, que j'ai d'abord pensé à un développement parthénogénétique. Cette supposition était légitime, car la parthénogenèse naturelle est connue chez les Gryllides myrmécophiles; de plus, elle a été expérimentalement déterminée, par fécondation interspécifique, chez des Grillons du Japon et, dans des familles différentes mais voisines, chez des Acridiens et des Mantes religieuses. Mais les exemplaires obtenus ont donné des formes imaginales nettement hybrides, avec dominance de certains caractères de l'une et de l'autre espèce croisée et de nombreux caractères intermédiaires. J'ai alors repris les expériences et pratiqué une sévère sélection des progéniteurs, favorisé l'accouplement et la ponte, puis fait incuber les œufs aussitôt pondus. Ainsi les éclosions se sont multipliées. Actuellement, ce croisement a donné plus d'une centaine d'hybrides des deux sexes. Des résultats aussi affirmés permettent de donner une description valable du phénotype de l'hybride F_1 issu de ce croisement, en faisant la part de ce qui revient à chacun des parents, qualitativement et quantitativement.

Vu très sommairement, cet hybride *BrC* possède, à l'état de dominance incomplète : la tête globuleuse, noire et ponctuée de *C* et la pubescence dorée propre à cette espèce, ainsi que certaines caractéristiques du miroir de l'élytre du mâle. Il possède de même : la forme des yeux et des ocelles, la couleur de la nervation de l'élytre, les ailes caudées, les fémurs bombés et les tibias grêles de *Br*. Enfin, de nombreux caractères sont franchement intermédiaires. Il en est ainsi de la forme du pronotum, de certaines particularités de pigmentation et de distribution de pubescence.

Ces hybrides F_1 offrent toutefois quelques singularités. Tout d'abord, il ne se manifeste aucun phénomène d'hétérosis. Au contraire, les hybrides sont parfois extrêmement petits, surtout les mâles. Ensuite, la loi d'uniformité des hybrides F_1 se trouve en défaut pour quelques exemplaires exceptionnels et

pour la transmission du caractère *aile caudée*, qui domine toujours l'aile abrégée. Cette anomalie dans le phénotype de certains F_1 est d'explication facile. L'espèce *Br* existe sous deux formes génétiquement distinctes, l'une à ailes caudées, l'autre à ailes courtes. Les femelles croisées avec *C* proviennent d'une souche sélectionnée pour le caractère *aile caudée*. Malgré cela, une des femelles utilisées n'était pas pure pour ce caractère polyfactoriel et de sélection difficile, et a donné, dans sa descendance avec *C* ♂, espèce à ailes courtes, une série d'hybrides à ailes de longueurs diversement intermédiaires entre les formes extrêmes.

Parmi les hybrides F_1 se trouvent quelques Grillons néoténiques, ce qui n'est pas surprenant, car ce phénomène aberrant se rencontre dans les deux espèces *C* et *Br*. Il y a donc entre elles une parenté physiologique mise en évidence par des similitudes dans les réactions hormonales qui conditionnent l'équilibre des mues larvaires et imaginales.

L'obtention d'une descendance F_2 et de rétrocroisement est presque impossible. De rarissimes éclosions parmi les œufs pondus témoignent cependant de possibilités d'appariement de chromosomes lors des caryogamies.

Le croisement réciproque ♀ *C* × ♂ *Br* demeure jusqu'ici sans résultat. Les œufs des deux espèces sont très différents, la masse de cytoplasme est beaucoup plus grande chez *C*. On doit supposer que le noyau de fécondation hybride, semblable dans les croisements réciproques, est capable de déclencher la segmentation et d'édifier des structures dans le cytoplasme du plus petit ovule, mais est inapte à mettre en œuvre le cytoplasme du plus gros. Parmi les espèces interfécondées, on remarque que, si *C* peut fertiliser *Br*, *B* qui se croise si facilement avec *C* ne le peut pas, ce qui accuse une divergence nouvelle, d'ordre cytologique, entre nos deux espèces indigènes, *C* et *B*.

Dans l'hybridation *Br* × *C*, les profondes différences du matériel ovulaire des deux espèces vont permettre d'analyser les rôles respectifs des constituants de l'œuf dans la réalisation des formes spécifiques. Les territoires du cytoplasme ovulaire ont, en effet, un rôle primordial dans l'édification du type structural et dans les corrélations organiques de l'espèce. De ce fait, il sera instructif de rechercher similitudes ou divergences des caractères qualitatifs ou quantitatifs et des corrélations organiques de l'espèce *bermudensis* dans la forme hybride *BrC*, qui s'édifie dans un pur cytoplasme *bermudensis* avec un matériel chromosomique hétérogène.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Modifications de l'organogenèse sexuelle des embryons de Taupes* (Talpa europæa *L.*) *par action des hormones androgènes et œstrogènes : topographie de l'urètre des nouveau-nés de sexe femelle*. Note [1] de M. **René Godet**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'urètre des embryons femelles de taupes dont la mère a reçu des injections

[1] Séance du 19 août 1946.

d'hormones androgènes ou œstrogènes au cours de la gestation, subit d'importantes modifications d'ordre topographique.

Chez le mâle témoin, le sinus urogénital décrit, dans la région pelvienne, au voisinage de la symphyse, deux fortes courbures en S et va finalement déboucher au centre du tubercule génital.

Chez le nouveau-né femelle témoin, la topographie de l'urètre est très voisine de celle que nous rencontrons chez le mâle. De nombreux auteurs ont d'ailleurs fait remarquer la similitude des organes génitaux externes dans les deux sexes. Cependant la distance anogénitale chez la femelle est plus réduite que chez le mâle. En réalité, nous avons observé, chez la femelle, à la naissance, de grandes variations individuelles concernant la situation de l'orifice urétral, la distance de cet orifice à la papille anale, l'intensité des courbures pelviennes de l'urètre. Chez certains exemplaires, il nous a été impossible, par ces seuls éléments, de reconnaître le sexe des individus examinés, tant la femelle ressemblait au mâle. Chez d'autres, par contre, la distance anogénitale est très inférieure à celle que l'on observe chez le mâle, l'orifice urétral apparaît nettement sur le côté du tubercule, les courbures pelviennes sont à peine dessinées. Tous les intermédiaires, par rapport à ces deux types extrêmes, ont été observés.

Chez le nouveau-né femelle traité par le propionate de testostérone, le sinus est du type mâle sur toute sa longueur.

Chez le nouveau-né femelle dont la mère a reçu des injections de benzoate de dihydrofolliculine, l'urètre ne décrit plus de courbure en S dans la région pelvienne, et l'orifice urétral se trouve situé à la base du tubercule génital au voisinage de l'orifice vaginal. Nous avons donc réalisé chez la Taupe femelle, par l'action de substances œstrogènes, une topographie de l'urètre que nous n'avons pas encore observée dans la nature. Cette disposition, qui nous paraît nouvelle chez cette espèce, se rapporte, en fait, au schéma général reconnu pour l'ensemble des Mammifères.

Ces observations et les faits expérimentaux que nous rapportons suggèrent l'idée qu'il existe, dans l'organisme des embryons de Taupes de sexe femelle, des substances, en quantités variables, intervenant pendant l'organogenèse du sinus urogénital et responsables de la masculinisation plus ou moins accentuée observée chez les individus témoins.

Cette hypothèse se trouve appuyée et précisée par le fait que les bourgeons prostatiques et les glandes de Cowper sont présents chez toutes les femelles à la naissance. Le nombre de ces ébauches est identique à celui que nous trouvons chez le mâle, le développement restant toutefois légèrement inférieur à celui que nous observons chez ce dernier.

Quelles peuvent être la nature et l'origine de ces substances hypothétiques ? Les faits ci-dessus inclinent à penser qu'elles sont assimilables, quant à leur action, aux hormones androgènes. Mais l'origine ne peut être précisée par ces expériences.

En résumé, la topographie de l'urètre chez la Taupe femelle, d'après l'étude des témoins et des individus traités par les androgènes et les œstrogènes, suggère qu'il existe, dans l'organisme des embryons de ce sexe, des substances intervenant dans l'organogénèse du tractus génital et responsables de la masculinisation constante, mais variable dans ses degrés, observée chez les individus de cette espèce. L'étude des glandes annexes chez les nouveau-nés femelles témoins permet de penser qu'il s'agit de substances assimilables aux hormones androgènes.

MICROBIOLOGIE. — *Sur une Rickettsia isolée de Tiques dans le Sud marocain. Son identité probable avec* R. burneti *agent de la Q. fever.* Note (1) de MM. **Georges Blanc**, **L.-A. Martin** et **A. Maurice**, présentée par M. M. Caullery.

Au cours d'une prospection faite dans des terriers de mérions de Goulimine (Sud marocain) pour la capture d'ornithodores infectés de spirochètes, nous avons trouvé à terre, non loin des terriers, d'assez nombreuses Tiques appartenant à l'espèce *Hyalomma savignyi* (Gervais) (2); ces tiques pouvant à l'état larvaire ou nymphal se gorger sur les Mérions, nous avons recherché si elles ne pouvaient, elles aussi, être infectées du spirochète du Mérion. Pour cela nous avons broyé dans quelques centimètres cubes d'eau physiologique 15 femelles de *Hyalomma* et inoculé, par voie sous-cutanée, un Singe (*Macaca sylvanus*), une Souris et un Cobaye. Aucun de ces animaux ne présenta de spirochètes dans le sang, mais le Singe fit une courbe fébrile de quelques jours et le Cobaye avait une température de 40°,3 quarante-huit heures après l'inoculation; c'est de ce Cobaye qu'a été isolé le virus actuellement entretenu.

Pouvoir pathogène. — Le Cobaye fait une infection fébrile de 4 à 7 jours de durée après une incubation moyenne de 3 à 5 jours. La fièvre est élevée, la température dépasse le plus souvent 41°, pouvant aller à 41,8 ou 9. Pas de réaction de vaginalite chez le mâle. Les seuls symptômes sont la splénomégalie, la rate pouvant atteindre le poids de $2^g,50$, pour un Cobaye de poids moyen de 445^g, et une réaction hémorragique sous-cutanée ou intramusculaire suivant le mode d'inoculation. Le Lapin inoculé dans la chambre antérieure de l'œil fait une iridocyclite transmissible; inoculé en intradermo, il développe un nodule qui persiste plusieurs jours. Les rongeurs tels que Souris, Mérion, Écureuil, un Insectivore, le Hérisson, *Aetechinus algirus algirus*, s'infectent et présentent une forte splénomégalie, particulièrement marquée chez ce dernier (rate de 10^g pour un animal pesant 405^g).

(1) Séance du 19 août 1946.

(2) *Sensu* Delpy, *Arch. Inst. d'Hessarek*, 1946, 2, p. 90; *H. ægyptium* (L) *sensu* Senevet, *Faune de France*, *Ixodides*, 1937, p. 37.

Le singe, à l'exception du premier inoculé, n'a pas fait de réaction thermique importante.

Nature et propriété du virus. — Le virus est une *Rickettsia* que l'on trouve difficilement sur les frottis de rate et plus aisément sur ceux de sérosité sous-cutanée. A côté de formes bacillaires s'observent de très petits grains, entourés d'une zone claire, analogue à ceux de la psittacose. Le virus traverse les filtres Chamberland L 3 et les membranes A. P. D. Elford de $0^{\mu},500$, il est retenu par les filtres Chamberland L 5. Il cultive aisément sur membrane du jaune d'œufs embryonnés.

Les ornithodores (*O. erraticus*) s'infectent sur Cobaye, ainsi que les *Rhipicephalus sanguineus* sur Cobaye ou Hérisson. Le virus persiste après la mue de l'acarien.

Le virus ne donne aucune immunité contre ceux des typhus, de la fièvre boutonneuse, de la fièvre pourprée et de la fièvre fluviale, et ces virus ne donnent aucune immunité contre lui. Par contre, une immunité croisée absolue s'observe entre le virus de Goulimine et le virus de la Q. fever ([3]). Comme l'on sait, il est admis actuellement que le virus australien du Queensland isolé et étudié par Derrick et Burnet en 1935 ([4]) est identique au virus isolé par G. E. Davis et H. R. Cox en 1938 ([5]) dans l'état de Montana. Le premier a pour vecteur *Haemaphysalis humerosa*. Le second *Dermacentor andersoni* (Montana), *D. occidentalis* (Orégon et Californie), *Amblyomma americanum* (Texas).

Les caractères du virus de Goulimine sont entièrement superposables à ceux de ces deux virus; l'immunité croisée que tous trois présentent entre eux, nous permet de considérer que le virus de la Q. fever australienne et américaine se retrouve au Maroc méridional dans la région de Goulimine. Nous avons entrepris une enquête sur l'existence de cas humains.

La séance est levée à 16^h50^m. A. Lx.

([3]) Nous remercions le professeur Parker d'Hamilton (Montana) U. S. A. de l'envoi de ce virus.

([4]) E. H. Derrick, *Med. journ. of Australia*, **2**, 1937, p. 281; F. M. Burnet et M. Freeman, *Med. journ. of Australia*, **2**, 1937, p. 219.

([5]) *Publ. Health Rep.*, 53, 1938, p. 2259.

ERRATA.

(Séance du 25 mars 1946.)

Note de M. *Maurice Lecat*, Azéotropes orthobares divers :

Pages 733 et 734, les lignes qui (à la p. 734) portent la numérotation de [1] à [28] doivent venir p. 733, précédant la ligne affectée du n° [29].

(Séance du 24 juin 1946.)

Note de M. *Maurice Lecat*, Sur les azéotropes binaires orthobares à un constituant bifonctionnel :

Page 1489, ligne 5, *au lieu de* 11,9, *lire* 111,9
» » 9, » malheureMent, *lire* malheureusement
» » 3 en remontant, *au lieu de* gazéotropes, *lire* azéotropes.
Page 1490, ligne 13, *au lieu de* de sur, *lire* et sur
» » 20, » font, » fort.

(Séance du 17 juillet 1946.)

Note de M. *Georges Valdeyron*, Expérience préliminaire sur la biologie florale du Figuier (*Ficus Carica* L.) :

Page 163, ligne 9, *au lieu de* la saison du rameau, *lire* la saison de croissance du rameau
Page 163, lignes 17 et 18, *au lieu de* la caprification, *lire* la caprifigue.

(Séance du 29 juillet 1946.)

Note de MM. *Jean Braconnier* et *Jean Colmez*, Sur les groupes d'homéomorphismes d'un espace complètement régulier :

Page 230, ligne 5 de la Note, *au lieu de* $\mathfrak{A}$ une famille de parties de E, *invariante*..., *lire* $\mathfrak{A}$ un *recouvrement* de E, *invariant*....

Page 231, ligne 9 en remontant, *au lieu de* $\mathcal{E}$(G) produit direct..., *lire fermé* de $\mathcal{E}$(G), adhérence du *produit direct*....

(Séance du 5 août 1946.)

Note de Mme *Renée Herman*, Reproduction au laboratoire du groupe 4050 Å du spectre des noyaux cométaires :

Page 282, ligne 18, 1re colonne, *au lieu de* 4012,0, *lire* 4012,9.

(Séance du 26 août 1946.)

Note de M. *Henri Deslandres*, Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Étude des composés organo sodiques.

Page 366, ligne 11, *au lieu de* 27, 19, 41, *lire* 17, 29, 41
» » 20, » $C.Cl\langle^{CH_3}_{CH_3}$, » $C\langle^{CH_3}_{CH_3}$
» » 22, » 17, 19, 41, » 17, 29, 41.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 SEPTEMBRE 1946.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

J'ai la tristesse d'annoncer à l'Académie, la mort, survenue ce matin, de l'un de ses dévoués collaborateurs, M. Étienne Thouzellier, Directeur général de la Société Gauthier-Villars.

Né le 26 septembre 1869, à Metz, parce que son père, officier, y était en garnison, mais d'une famille originaire de Montpellier, Étienne Thouzellier entra à l'École Polytechnique en 1891. Il en sortit dans l'Artillerie, où il atteignit le grade de Colonel.

Au début de la guerre de 1914, il était officier d'État-Major du chef de nos armées, le futur Maréchal Joffre. Il eut, à ce titre, à prendre part à de délicates négociations dans le but de coordonner l'action des armées anglaises et françaises.

Bien que fort occupé par l'administration de diverses entreprises de mines et de construction mécanique, dans lesquelles il possédait des intérêts, il accepta, en 1920, et exerça sans interruption depuis, la direction générale de la Maison Gauthier-Villars, l'éditrice de nos *Comptes rendus*, de nos *Mémoires* et de notre *Annuaire*.

Tenant à veiller personnellement sur la bonne exécution de nos publications, il était fort assidu à nos séances où chacun de nous a pu apprécier sa distinction naturelle et le courtois empressement qu'il mettait à donner satisfaction aux désirs qui lui étaient exprimés.

J'adresse à ses enfants et petits-enfants, à sa famille, à Mlle P. Gauthier-Villars et à sa Maison, les condoléances de l'Académie.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les lignes de flux qui sont lignes de tourbillon.* Note (1) de M. **Jules Drach**.

La recherche des cas où les lignes de flux (trajectoires du mouvement permanent) sont aussi lignes de tourbillon a donné lieu à des travaux de Beltrami et de Lecornu. Le rapport λ

---

(1) Séance du 9 septembre 1946.

entre le tourbillon et la vitesse est, le long de chaque trajectoire, proportionnel à la densité. Beltrami a signalé le cas intéressant où la fonction

$$H = \frac{1}{2}V^2 + \int \frac{dp}{\rho} - U,$$

où V est la vitesse, ρ la densité, U la fonction des forces, est *constante* dans le fluide, et Lecornu a observé que ce cas convient à toute veine fluide qui sort d'un réservoir. Ces résultats et les *analogies électrodynamiques* augmentent l'importance du problème. Nous ne traiterons ici que des questions d'Analyse relatives au système (S_0) : $v_x - u_y = \lambda w, \ldots$ qui entraîne l'équation de continuité $\partial\lambda u/\partial x + \ldots = 0$, où u, v, w sont les composantes de la vitesse permanente. Ce système (S_0) ne renferme en fait que *trois* équations entre *quatre* inconnues.

I. La détermination de u, v, w *en partant de* λ *donné* est difficile. En posant $\omega = \log\lambda$ et remplaçant w par son expression en u et v, nous obtenons le système

$$(S)\qquad \begin{cases} v_{x^2} - \omega_x v_x + \lambda^2 v = u_{xy} - \omega_x u_y + \lambda u_z = a, \\ v_{xy} - \omega_y v_x - \lambda v_z = u_{y^2} - \omega_y u_y + \lambda^2 u = b, \\ v_{xz} + \lambda v_y + v\lambda_y = u_{yz} - \lambda u_x - u\lambda_x = c, \end{cases}$$

où a, b, c, qui s'expriment en u ou en v, sont introduites pour la simplification et où les indices x, y, z marquent des dérivations. Le système (S) ne change pas si l'on permute x et y, u et v, λ et $-\lambda$. Il s'agit d'éliminer v et de former les équations en u.

a. Cas simple $\lambda = 1$. — (S) se réduit à (s) $v_{x^2} + v = u_{xy} + u_z = a, \ldots$. Ses conditions d'intégrabilité en v donnent seulement *deux* équations, car $(\partial a/\partial y) - (\partial b/\partial x) = c$ est une identité; elles s'écrivent $\Delta u + u = 0$, $\Delta v + v = 0$, où $\Delta u = (\partial^2 u/\partial x^2) + \ldots$. Donc de toute solution u de $\Delta u + u = 0$, on déduit par (S) une fonction v qui est solution de $\Delta v + v = 0$, c'est-à-dire de la première équation. En outre les quantités a, b, c, regardées comme u_1, v_1, w_1, donnent, pour $\lambda = 1$, une solution du système initial (S_0).

L'équation $\Delta u + u = 0$ intervient souvent en Physique mathématique : Cf. Travaux de E. Picard, S. Zaremba, etc. On en sait former des solutions avec conditions aux frontières.

b. Cas général; λ quelconque. — Le système (S) donne, en v, deux conditions d'intégrabilité, car $\partial(a/\lambda)/\partial y - \partial(b/\lambda)/\partial x = \lambda(c/\lambda) = c$ est une identité.

L'une d'elles s'écrit, en posant

$$\varpi(u) = \frac{\partial\lambda u_x}{\partial x} + \frac{\partial\lambda u_y}{\partial y} + \frac{\partial\lambda u_z}{\partial z},$$

$$(A)\qquad c_x - a_z - \lambda b - \omega_x c = -\varpi(u) + u_y\beta - u\lambda\xi = v_x\beta + v\lambda\gamma_1,$$

en posant $\beta = \omega_{xz} + 2\lambda_y$, $\gamma_1 = \omega_{xy} - 2\lambda_z$, $\xi = \omega_{x^2} + \lambda^2$ (les quantités α, γ_2, η s'obtiennent par échange de x en y, λ en $-\lambda$). Cette équation (A) du premier ordre en v conduit à l'expression de ϖ, ϖ_x, ϖ_y, ϖ_z au moyen de v, v_x, v_y, v_z et réciproquement. On déduit de là, en u, les trois dérivées de ϖ_x au moyen

d'éléments d'ordre moindre, et le système ainsi formé est complètement intégrable.

La seconde condition pourrait s'obtenir par échange de u et v, ... Il est plus commode de l'écrire

$$(\mathrm{B})\quad \frac{1}{\lambda}(c_y - b_z - \omega_y c) = v_{y^2} + v_{z^2} + \omega_y v_y + \omega_z v_z + v_x \frac{\omega_{yz}}{\lambda} + v\omega_{yz} = \frac{1}{\lambda} u_y \alpha - u\gamma_2 - a.$$

Cette équation (B) du second ordre en v, dérivée en x, donne en vertu de (S) une identité. Écrite en u elle donne $\varpi_{y^2} + \varpi_{z^2}$ au moyen d'éléments d'ordre inférieur. Nous avons donc pour u *quatre équations linéaires du quatrième ordre;* les trois premières forment un système complètement intégrable, compatible avec la dernière. Les dérivées *principales* sont celles de u_{x^3} en x, y, z et celles de u_{y^3} en y et z.

Réductions. — On a vu que pour $\lambda = 1$, u vérifie une équation du second ordre. Il en sera de même si $\beta = \gamma_1 = 0$. On trouve ainsi qu'en partant d'une équation de Riccati $-(\partial\varphi/\partial x) = 2 + \theta(x)y^2$, où $\theta(x)$ est quelconque et prenant pour la constante d'intégration une fonction analytique de $y + iz$, si l'on a $\varphi = \mathrm{Y} + i\mathrm{Z}$, où Y et Z dépendent aussi de x, on peut prendre $\lambda = 2\mathrm{Z}/(\mathrm{Y}^2 + \mathrm{Z}^2)$. Un choix convenable de $\theta(x)$ permet d'obtenir Y et Z par des quadratures.

Si l'on a seulement $\beta = 0$, v s'exprime avec $\varpi(u)$, mais les équations finales en u sont toujours du quatrième ordre. Nous ne savons pas résoudre $\beta = 0$, mais elle admet la solution $\lambda = \mathrm{XZ}$, où X et Z sont quelconques en x et en z.

II. Pour réduire l'appareil analytique du problème (S_0), on observe que le système ne dépend que des rapports $\alpha = u/w$ et $\beta = v/w$, et l'on trouve que $\sigma = \log w$ satisfait à $\sigma_x = \alpha\sigma_z + \mathrm{H}$, $\sigma_y = \beta\sigma_z + \mathrm{K}$, où l'on a $\mathrm{H} = \alpha_z + (\beta\mathrm{L}/\gamma)$, $\mathrm{K} = \beta_z - (\alpha\mathrm{L}/\gamma)$, avec $\gamma = 1 + \alpha^2 + \beta^2$ et $\mathrm{L} = \alpha\beta_z - \beta\alpha_z + \alpha_y - \beta_x$.

La compatibilité de ces équations en σ donne alors $\mathrm{L}\sigma_z + \mathrm{M} = 0$.

On a nécessairement $\mathrm{L} \neq 0$, car $\lambda = -\mathrm{L}/\gamma$ et $\lambda = 0$ donne une solution banale.

Il suffit d'écrire maintenant la compatibilité de σ_z avec σ_x et σ_y pour obtenir en α, β les deux équations du problème, qui est maintenant, en apparence, *déterminé :* ce sont deux équations du troisième ordre compatibles en α quel que soit β. L'on observe que λ ne dépend que de α et β, c'est-à-dire de la direction des vitesses.

Il est à prévoir que les deux conditions en α, β se ramènent à une seule, puisque w, par exemple, peut être pris arbitrairement. On traite les cas simples $\beta = 0$, $\beta = \mathrm{const.}$

On les obtient de façon symétrique en introduisant les cosinus directeurs de la vitesse; si $\theta = \log \mathrm{V}$, on a avec le système de deux relations distinctes, qui lient θ_x, θ_y, θ_z, par toutes les dérivées deux systèmes de trois relations entre θ_{zx}, θ_{xy}, θ_{yz}, d'où l'on déduit deux relations nouvelles entre θ_x, θ_y, θ_z, et par suite *deux équations* ne dépendant que des cosinus et du *troisième* ordre. Appell a indiqué l'expression de λ avec ces cosinus.

III. *Exemples.* — *a.* Soit à trouver les cas où *u et v ne dépendent pas de z.* L'équation de continuité exige que λ soit de la forme $\mathrm{Z}\mu(x,y)$ et les équations (S_0) montrent que Z est constant; λ et w sont donc des fonctions de x et y seuls.

La condition $\partial\lambda u/\partial x + \partial\lambda v/\partial y = 0$ permet de poser $\lambda u = -\partial\mu/\partial y$,

$\lambda v = \partial\mu/\partial x$, et les deux relations entre u et v s'intègrent sous la forme

$$\frac{v_x}{\lambda} + \varphi = \frac{u_y}{\lambda} + \mathrm{Y}, \qquad \frac{v_x}{\lambda} = \frac{u_y}{\lambda} - \varphi + \mathrm{X},$$

d'où l'on conclut que X et Y peuvent s'annuler.

L'équation en φ

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\varphi_x}{\lambda}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\varphi_y}{\lambda}\right) + \lambda\varphi = 0$$

se transforme en posant $1/\lambda^2 = \mu$, $\alpha = x + iy$, $\beta = x - iy$ en une *équation de Laplace à invariants égaux, quelconque*, $4\varphi_{\alpha\beta} - (\varphi_\alpha \omega_\beta + \varphi_\beta \omega_\alpha) - \varphi e^{-\omega} = 0$. On peut se donner φ, et déterminer μ par une équation du premier ordre, ou bien appliquer les résultats de Darboux. Les trajectoires sont données par le système $dx/(-\varphi_y) = dy/\varphi_x = dz/(v_x - u_y)$; elles se trouvent donc sur les cylindres $\varphi(x, y) = \text{const.}$ et l'expression de z en x, y s'obtient par quadratures.

b. Un cas plus particulier est celui où $u = -ky$, $v = kx$, k dépendant de z et de $r = \sqrt{x^2 + y^2}$. On trouve tout de suite que k ne peut dépendre de z. Il est donné en r par l'équation $r(\partial^2 k/\partial r^2) + 3(\partial k/\partial r) + kr = 0$ qui se ramène aisément à une équation de Bessel; k est transcendant mais donné par un développement en série convergente.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Étude des organométalliques et des complexes.* Note [1] de M. **Henri Deslandres.**

La Note précédente du 16 août 1946 [2] était consacrée aux composés organométalliques. La Note actuelle est consacrée aussi aux organométalliques et de plus aux complexes.

Le sodium est un des atomes les plus intéressants de la première famille du tableau de Mendeleieff, et les organosodiques ont été les premiers étudiés. Tous les atomes de cette famille sont unis par des relations simples. Il suffira de rappeler les nombres s' d'électrons activables des sous-anneaux successifs à partir de l'extérieur : lithium (3), 1, 3 [3]; sodium (11), 1, 7, 9, 11; potassium (19), 1, 7, 9, 15, 17, 19; rubidium (37), 1, 7, 9, 19, 25, ...; césium (55), 1, 7, 9, 19, 25; et les trois atomes rattachés à cette famille : cuivre (29), 1, 11, 17, 19, 25, ...; argent (47), 1, 11, 17, 19, 29, ...; or (79), 1, 11, 17, 19, 33, ... Des relations similaires doivent exister entre les organométalliques et leurs fréquences.

---

(1) Séance du 9 septembre 1946.

(2) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 365.

(3) Les chiffres entre ( ) sont les nombres atomiques.

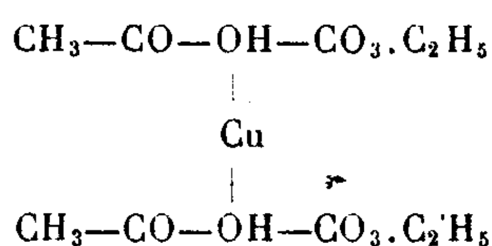
Le méthyl lithium CH_3Li a les nombres s' 5, 7, 9 et 1,3. Les nombres 9 et 3 peuvent donner une fréquence du type ClH.

L'éthyl lithium C_2H_5Li offre aussi les nombres s' 9 et 3.

Le phényl lithium C_6H_5Li, avec les nombres s' d'électrons activables 17, 29, 41 et 1,3, peut donner une fréquence du type ClH avec les nombres 17 et 1.

Le fluorène lithium FeLi avec 5, 7, 9 et 1, 3 peut donner une fréquence du type ClH entre 5 ou 7 et 1, entre 9 et 3.

D'autre part on connaît depuis longtemps le composé organocuivrique suivant



Si l'on considère seulement le premier sous-anneau des groupes d'atomes, $CH_3.CO.OH$ a 14 électrons et $CO_3.C_2H_5$ 19 électrons. Or, $14 + 19 = 33$ et le nombre 33 peut s'accorder avec les 11 premiers électrons du cuivre.

Ces exemples ont été choisis parce qu'ils ne donnent lieu à aucune critique.

La deuxième famille de Mendeleieff a le même nombre d'atomes que la première famille, mais avec un électron en plus; les organométalliques du magnésium y ont une grande importance. Les nombres s' d'électrons activables sont des nombres pairs, alors qu'ils sont impairs dans la première famille. La formation de leurs molécules est assez différente, mais le résultat final est le même. Les molécules de la deuxième famille, comme celles de la première, sont en accord avec les quatre lois simples des fréquences moléculaires.

II. Dans la deuxième partie de cette Note, j'examine les complexes, au moins aussi intéressants que les composés organométalliques, et en particulier les complexes dont les propriétés spéciales ont été mises en relief par Werner. Les éléments de ma recherche sont tirés du tome X de la Chimie de Pascal et du Mémoire de Job sur les complexes minéraux.

J'avais déjà dans deux Notes antérieures étudié 7 complexes dont 3 avaient un spectre Raman mesuré, et j'avais annoncé leur accord avec les lois des fréquences moléculaires ([4]).

Le premier complexe présenté par Job est le *chlorure de cobaltohexamine*, $Cl_2Co, 6NH_3$ dont les nombres s' d'électrons excités peuvent être Cl + Cl, 15 + 15 ou 30, Co 15 et $6NH_3$ 60. La molécule est du type HCl.

Puis ClAg, $3NH_3$ donne Cl + Ag 7 + 11 ou 18 électrons et $3NH_3$ aussi avec 18 électrons :

2ClAg, $3NH_3$, mêmes électrons;

ClAg, NH_3, 18 et 6 électrons;

ClAg, $2NH_3$, 18, 6 et 6 électrons.

([4]) *Comptes rendus*, 207, 1938, pp. 7 et 1341.

Les complexes parfaits offrent un grand nombre de molécules voisines. On en connaît plus de 2000 dans la classe des cobaltiamines. Werner a apporté un certain ordre dans cette masse de composés, et a fondé sa systématique sur des principes nouveaux.

Le chlorure purpuréocobaltique peut s'écrire $Cl_2\left[\begin{matrix}Co(NH_3)_5\\ Cl\end{matrix}\right]$, car sur les 3 atomes de Cl, 2 seulement sont précipités à froid par l'azotate d'argent, Cl_2 a $15+15$ ou 30 électrons activés; de même Co + Cl et $(NH_3)_5$ 6×5 ou 30 électrons.

$SO_4CoCl(NH_3)_5$ a aussi 3 fois 30 électrons activés SO_4 ayant 6×5 électrons; il ne précipite pas à froid par les sels d'argent.

$Co(NH_3)_6$ avec Co 15 électrons et $(NH_3)_6$ 60 électrons.

$Co(NH_3)_5.H_2O$ aussi avec 15 et 60 électrons.

$Co(NH_2OH)_6$ avec Co, NH_2 et OH 9 électrons.

$Co[O{=}C(NH_2)]$ avec trois fois 14 électrons.

$Co[(NH_3)_2.(H_2O)_2.py_2]$, avec Co 15 électrons, $(NH_3)_2$ et $(H_2O)_2$ 20 électrons, avec py_2 (pyridine C_5H_5N) 20×2 électrons, soit en tout $15+20+60$ électrons.

$Fe(OC_{11}H_{12}N_2)_6$ avec 26 électrons de Fe, 26×6 électrons de OC_{11} et 26×6 électrons de $H_{12}N_2$.

$Pt(NH_3)_4$ avec 10 électrons de Pt et de NH_3.

$Pt(CN.CH_3)_2Cl_2$ avec 10 électrons de Pt, $5+5$ électrons de $CN.CH_3$ et 10 électrons de Cl_2.

$Pt\left(\begin{matrix}H_2N\\ H_2N\end{matrix}{>}C{=}S\right)$ avec 18 de Pt, 18 de 2 H_2N, et 6 de C et S.

$Pt(CH_3)_2$ avec 18 électrons de Pt et $(CH_3)_2$ et 6 de S.

$Pt.Cl_3.CO$ avec 42 électrons de Pt et 21 de Cl_3CO.

Les 5 composés précédents du platine divalent ont la coordinence 4. Les autres composés de ce chapitre ont la coordinence 6.

Les 20 complexes de ce chapitre sont les 20 premiers composés du Mémoire de Job. Ils n'ont pas été choisis spécialement parce qu'ils sont en accord avec les lois des fréquences moléculaires.

Finalement, il est de plus en plus probable que ces quatre lois sont générales et s'appliquent à toutes les molécules stables, ou même aux molécules peu stables; car on les a constatées sur des molécules de faible stabilité.

Je rappelle que ces lois n'ont pas été rattachées jusqu'ici à une théorie. Elles sont dues à l'observation continue et au rapprochement des faits.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains systèmes différentiels à solutions périodiques.* Note (1) de M. **Jules Haag**.

Au cours d'une étude sur la synchronisation, j'ai été conduit à établir les propriétés suivantes, dont j'esquisserai seulement les démonstrations.

(1) Séance du 9 septembre 1946.

1. Soit le système

$$(1) \qquad \frac{dx_i}{dt} = \lambda \sum_{j=1}^{m} p_{ij}(t) x_j \qquad (i = 1, 2, \ldots, m),$$

où les $p_{ij}(t)$ sont des fonctions de période T et λ un facteur constant. Posons $a_{ij} = \int_0^T p_{ij}(t)\,dt$ et soit r_k les racines de *l'équation caractéristique*

$$(2) \qquad D(r) \equiv \begin{vmatrix} a_{11} - r & a_{12} & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} - r & a_{2m} \\ \ldots & \ldots\ldots & \ldots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{mm} - r \end{vmatrix} = 0.$$

Si l'on cherche une *solution* du système (1) qui soit *multipliée par z quand t augmente de* T, on trouve que le facteur z est donné par une équation algébrique de degré m, dont les racines z_k sont distinctes, sauf peut-être pour certaines valeurs exceptionnelles de λ. A ces m racines correspondent m solutions linéairement indépendantes $y_{ij}(t)$, d'où l'on déduit l'intégrale générale. *Pour que cette intégrale générale tende vers zéro pour $t = +\infty$, il faut et il suffit que les modules ζ_k des z_k soient tous < 1.*

Or, si λ est infiniment petit, on a asymptotiquement $z_k = 1 + \lambda r_k$. *La condition précédente est donc certainement remplie, pour les petites valeurs de λ, si tous les r_k ont leur partie réelle négative.*

Supposons qu'il en soit ainsi et appelons L la plus petite valeur de λ pour laquelle un des ζ_k est égal à *un*. Si λ_1 est compris entre zéro et L, aussi voisin qu'on le veut de L, on peut affirmer que l'*intégrale générale tend vers zéro pour $t = +\infty$, si $0 < \lambda \leq \lambda_1$.*

2. Soit maintenant le système

$$(3) \qquad \frac{dx_i}{dt} = \lambda \left[\sum_{j=1}^{m} p_{ij}(t) x_j + f_i(t) \right].$$

En employant la méthode de la variation des constantes, on écrit l'intégrale générale sous la forme

$$(4) \qquad x_i(t) = \lambda Y_i(t) + \sum_j a_j y_{ji}(t),$$

les a_j désignant les constantes d'intégration. On a

$$Y_i(t) = \sum_j Z_j(t) y_{ji}(t), \qquad Z_j(t) = \sum_k \int_0^t \frac{H_{jk}(t') f_k(t')}{H(t')}\,dt',$$

$H(t)$ désignant le déterminant $\|y_{jk}(t)\|$ et $H_{jk}(t)$ le mineur correspondant à $y_{jk}(t)$.

Si les $f_j(t)$ admettent la période T, il existe une *solution périodique*, obtenue

en donnant aux a_j les valeurs particulières

$$\alpha_j = \lambda \frac{z_j}{1 - z_j} Z_j(T). \tag{5}$$

Lorsque t tend vers $+\infty$, *l'intégrale générale tend vers cette solution périodique.*

3. Si les $f_i(t)$ sont quelconques, mais de *modules bornés* par le nombre fixe Q, quel que soit t, on démontre que si $|x_i(0)| < R'$ et $0 \leq \lambda \leq \lambda_1$, on a, quel que soit t : $|x_i(t)| < AR' + BQ$, A et B désignant des constantes indépendantes de R′ et λ.

Si les $f_i(t)$ tendent vers zéro pour $t = +\infty$, *il en est de même de l'intégrale générale* du système (5). *Si les $f_i(t)$ tendent vers des fonctions périodiques, il en est de même de l'intégrale générale.* Si l'on a en outre

$$\int_0^T f_i(t)\, dt = 0, \tag{6}$$

on démontre que *si* R′ *et* λ_1 *sont assez petits, les* $|x_i(t)|$ *sont inférieurs à tout nombre* R donné à l'avance, quel que soit t. *Si les $f_i(t)$ sont nulles,* on peut garder à λ_1 la valeur précisée au n° 1.

4. Soit le système

$$\frac{dx_i}{dt} = \lambda \left[\sum_{j=1}^{m} p_{ij}(t) x_j + f_j(t) + g_i(x_k, t) \right]. \tag{7}$$

Les p_{ij} sont les mêmes que précédemment. Les f_i sont périodiques et vérifient (6). Pour $|x_k| < R$, on a, quel que soit t,

$$|g_i(x_k, t)| < GR^s \quad (s > 1); \quad |g_i(x_k, t) - g_i(x'_k, t)| < KR^{s'} \left[\sum_k |x_k - x'_k| \right], \quad (s' > 0). \tag{8}$$

Les facteurs G et K sont constants.

Soient x_i et X_i les solutions des systèmes (7) et (3) correspondant aux *mêmes données initiales.* Posons $x_i = X_i + u_i$. Les u_i vérifient un système différentiel que l'on écrit facilement. On démontre, par les approximations successives, qu'en *choisissant* R′ *et* λ_1 *assez petits,* la solution correspondant à $u_i(0) = 0$ *existe quel que soit t* et que tous les $|u_i|$ sont $<$ R donné à l'avance.

Si les $g_i(x_k, t)$ sont périodiques, la solution du système (7) ainsi déterminée *tend vers une solution périodique* pour $t = +\infty$. *Si les g_i* ne sont pas périodiques mais *tendent vers zéro, toute solution du système* (7) *tend vers la solution du système* (3) *ayant les mêmes données initiales.*

Dans le cas particulier où les $p_{ij}(t)$ sont des constantes et les $f_j(t)$ sont nulles, si les g_i ne dépendent pas de t ou bien tendent vers zéro pour $t = +\infty$, on retrouve le *théorème de Liapounoff.*

5. Soit le système

$$\frac{dx_i}{dt} = \lambda f_i(x_k, t). \tag{9}$$

Les f_i sont périodiques par rapport à t. Dans un domaine (D) assigné aux x_k, elles ont des *dérivées premières* par rapport aux x_k. Ces dérivées vérifient une *condition de Hölder*, d'exposant $s' > 0$. Posons

$$F_i(x_k) = \int_0^T f_i(x_k, t)\, dt, \tag{10}$$

l'intégrale étant calculée en supposant les x_k constants. Le système

$$\frac{dx_i}{dt} = F_i(x_k) \tag{11}$$

admet des *solutions constantes*, données par les équations $F_i(x_k) = 0$. Si l'une d'elles est *stable*, il lui correspond une *solution périodique stable* du système (9), pourvu que λ soit assez petit.

Dans le cas où $m = 2$, les solutions stables sont fournies par les *nœuds* ou *foyers attractifs* du système (11). C'est précisément ce cas que j'ai eu à utiliser dans la théorie de la synchronisation mentionnée plus haut.

CORRESPONDANCE.

M. **Marcel Pauthenier** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie, par le décès de M. *Léon Guillet*.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Problèmes de la théorie des ensembles et des fonctions*. Note (1) de M. **Zygmunt Zahorski**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

I. *Fonctions de la classe* C_∞. — Je désigne par $r(x)$ le rayon de convergence de la série de Taylor $T(x, h) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(x)}{n!} h^n$. Les points au voisinage desquels $f(x+h) = T(x, h)$ sont dits *réguliers*; les points irréguliers en lesquels $r(x) > 0$ sont dits *singuliers* (C) (au sens de Cauchy); les points irréguliers en lesquels $r(x) = 0$ sont dits *singuliers* (P) (au sens de Pringsheim). Je désigne par A l'ensemble de tous les points singuliers (P), par B l'ensemble de tous les points singuliers (C).

a. Les conditions nécessaires et suffisantes pour les ensembles A et B sont $AB = 0$, $A + B = \overline{A + B}$, A du type G_δ, B du type F_σ et de la première catégorie (novembre 1941).

b. Il existe une fonction continue finie $f(x)$ telle que, pour toute fonction analytique $g(x)$ de la variable réelle x, l'ensemble des solutions de l'équa-

(1) Séance du 12 août 1946.

tion $f(x)=g(x)$ soit au plus dénombrable dans le domaine de régularité de $g(x)$. C'est la résolution du problème de M. Ulam, (juin 1940).

c. Lorsque pour tout $x \in [a, b]$, $r(x) > 0$ et que pour tout $(c, d) \subset [a, b]$, si $f(x)$ est régulière dans (c, d), elle admet un prolongement analytique en dehors de c et d [prolongement en général non identique à $f(x)$ en dehors de $[c, d]$], alors $f(x)$ est régulière dans $[a, b]$.

Corollaire. — Le théorème de Pringsheim : *Lorsque pour tout* $x \in [a, b]$, $r(x) > \delta > 0$ *alors* $f(x)$ *est régulière dans* (a, b), est vrai, mais la démonstration de Pringsheim est fausse.

II. *Fonctions quasi-analytiques* (B). — J'appelle la fonction $f(z)$, définie sur un ensemble Z de nombres complexes, quasi analytique ($B\mathcal{E}_n$) sur cet ensemble, lorsque $\{\mathcal{E}_n\}$ étant une suite de nombres positifs, il existe une suite croissante de nombres entiers positifs $\{n_k\}$ et une suite de polynomes $\{P_k(z)\}$ tels que $P_k(z)$ soit de degré n_k et que $|f(z)-P_k(z)| \leqq \mathcal{E}_{n_k}$ pour tout $z \in Z$ et $k=1, 2, 3, \ldots$. En particulier, lorsque $\mathcal{E}_n = M\delta^n$, $0 < \delta < 1$, $f(z)$ est quasi analytique (B) (au sens de M. S. Bernstein). Je détermine les dérivées de $f(z)$ relativement à l'ensemble Z.

a. Pour toute suite de nombres positifs $\{\mathcal{E}_n\}$ et tout ensemble parfait E de points de la circonférence $|z|=1$, il existe une fonction $f(z)$ admettant, dans le cercle $|z| \leqq 1$, des dérivées de tous les ordres (relativement à $|z| \leqq 1$) telle que $f(z) \not\equiv 0$, $f(z)=f^{(n)}(z)=0$ pour tout n et tout $z \in E_1 \subset E$, l'ensemble E_1 étant parfait, $f(z)$ et toutes ses dérivées étant quasi analytiques ($B\mathcal{E}_n$) dans $|z| \leqq 1$ (avril 1939).

III. *Courbes admettant une tangente* (Problème de M. Fréchet). — *a*. Toute courbe continue et rectifiable possède une représentation paramétrique $x_i=f_i(t)$, telle que les dérivées $f_i'(t)$ existent partout et soient bornées et que l'on ait presque partout $\sum_{i=1}^{3}(f_i'(t))^2 > 0$.

b. Tout arc simple H dans R_3, dont les points, excepté un ensemble (au plus) dénombrable, satisfont à la condition S, admet une représentation paramétrique $x_i=f_i(t)$ établissant l'homéomorphisme entre $[0, 1]$ et H et telle que les $f_i'(t)$ existent et soient finies pour tout $t \in [0, 1]$ $(i=1, 2, 3)$, et que l'ensemble $Z=\{(f_1'(t))^2+(f_2'(t))^2+(f_3'(t))^2=0\}$ soit de mesure nulle (octobre 1940 sans condition $|Z|=0$, septembre 1943 avec cette condition). Je dis que le point $P \in H$ satisfait à la condition S lorsqu'il existe un cône de révolution S(P) de sommet P et d'angle au sommet $< \pi$, et une sphère K(P) de de centre P, tels que $HK(P) \subset S(P)$. En particulier, la condition S est vérifiée, lorsque H admet au point P une tangente.

c. Pour tout $m > 0$ il existe deux fonctions continues $f_2(x_1)$ et $f_3(x_1)$ telles que $f_2'(x_1)$ et $f_3'(x_1)$ aient leurs ensembles d'intervalles de constance partout denses, que leurs ensembles de points de discontinuité soient au plus dénom-

brables, que $|f'_2(x_1)|+|f'_3(x_1)|<m$ pour tout x_1 et que l'arc simple $0\leq x_1\leq 1$, $x_2=f_2(x_1)$, $x_3=f_3(x_1)$ ait une indicatrice E admettant la propriété suivante : E est un ensemble de dimension nulle (au sens de Menger) sans être un point. D'après l'un des référés de M. Wojdyslawski, pour les arcs simples plans l'ensemble E est compact (novembre 1940).

HYDRODYNAMIQUE. — *Théorie des nappes souterraines à surface libre. Formule différentielle de la nappe sur fond horizontal.* Note [1] de M. **Charles Jaeger**, transmise par M. Henri Villat.

On peut développer une théorie des nappes souterraines en partant des deux remarques suivantes :

a. La théorie des nappes souterraines à surface libre est un cas particulier de la théorie des courants à surface libre [2], dans lequel le terme $\alpha(V^2_m/2g)$ étant petit, la ligne d'énergie se confond presque avec la ligne d'eau.

b. Si l'on admet la loi de filtration de Darcy $v=kJ$, les écoulements souterrains sont des écoulements possédant un potentiel φ des vitesses v [3].

La première remarque nous conduit à admettre qu'il existe pour les nappes souterraines, comme pour tout courant à surface libre, un principe du débit maximum qui intervient lorsque la hauteur de la nappe h, au droit du puits ou de la tranchée, est égale à une certaine hauteur critique $h=h_c$. L'existence d'un pareil principe avait été entrevue par Kozeny, Sichardt et Vibert [4]. On est maintenant en mesure de démontrer l'existence de ce maximum du débit comme cas particulier du théorème de Bélanger-Böss généralisé [5]. On peut en conclure que le niveau de la nappe au droit du puits (ou tranchée) ne peut jamais descendre au-dessous de la valeur critique $h=h_c$, même si le niveau dans le puits descend bien au-dessous. Il se produit entre le niveau de la nappe et l'eau du puits un décrochage, qu'on peut réellement observer dans la nature [6].

Nous nous proposons de calculer la hauteur critique $h=h_c$ dans le cas de nappes souterraines. La théorie classique des nappes de Dupuit [7], qui considère des *écoulements par tranches* est, en ce cas, en défaut. Il faut raisonner

(1) Séance du 2 septembre 1946.

(2) Ch. Jaeger, *Revue générale de l'Hydraulique*, 9, 1943, XXXIII et XXXIV, pp. 111 et 139.

(3) A. Sirade, *Revue générale de l'Hydraulique*, 5, XXVIII, p. 199.

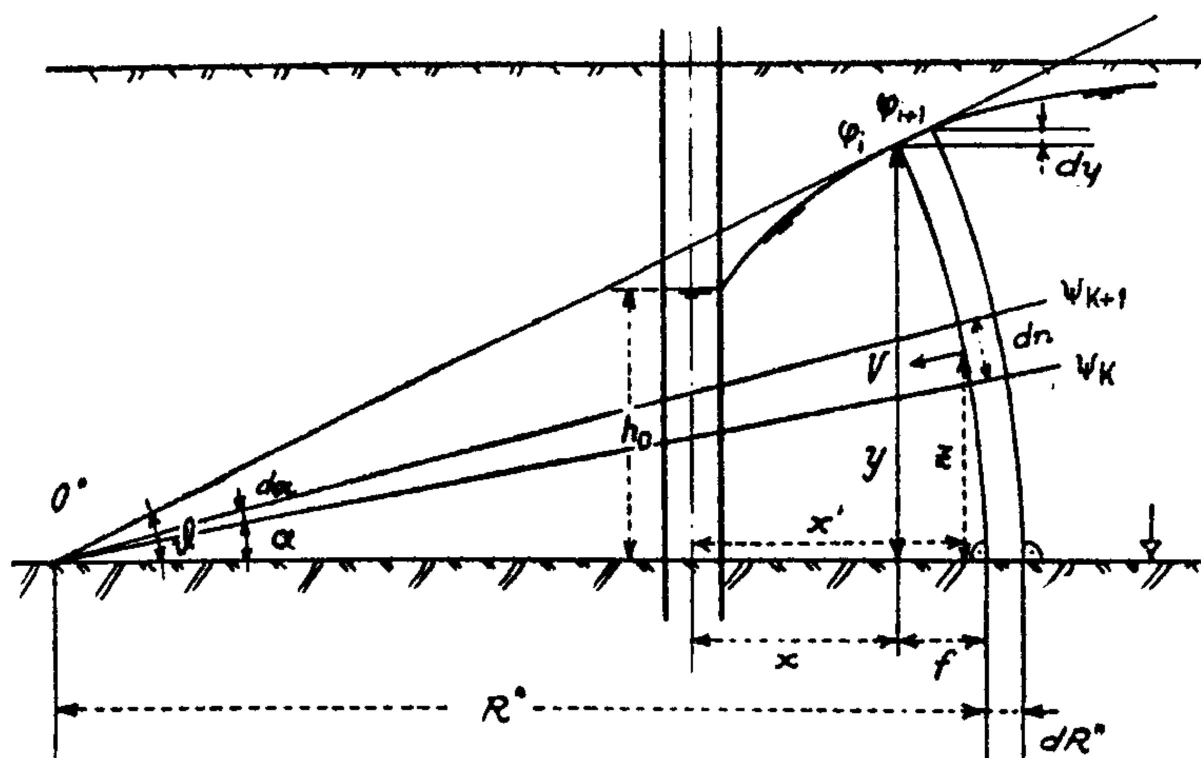
(4) Sichardt, *Das Fassungsvermögen von Rohrbrunnen, Thèse*, Berlin 1927; J. Kozeny, *Der Kulturtechniker*, 27, 1924, p. 59; A. Vibert, *Le Génie Civil*, 120, XI et XII, pp. 122 et 136, M. Breitenoder, *Ebene Grundwasserströmungen*, Berlin, 1942.

(5) Ch. Jaeger, *Revue générale de l'Hydraulique*, 9, 1943, XXXIII, p. 111.

(6) Ehrenberger, *Zeitschrift d. österr. Ing. et Arch. Ver.*, 80, 1928, p. 89; Wyckoff, Botset et Muskat, *Physics*, 31, 1932, p. 90.

(7) Dupuit, *Études sur le mouvement de l'eau*, Paris, 1863, p. 267.

comme suit : Soit (*fig. a*) un puits descendant jusqu'à la surface imperméable. Considérons l'écoulement potentiel de débit $Q = \int dQ$ avec lignes de courant Ψ_K, Ψ_{K+1}, ... et les lignes équipotentielles φ_i, φ_{i+1}.... Admettons, ce qui est très proche de la réalité, qu'on puisse assimiler les équipotentielles φ_i à des arcs de cercles, normaux au fond imperméable et à la ligne d'eau; deux cercles infiniment voisins φ_i et φ_{i+1} sont presque concentriques. La vitesse



locale $V = dQ/dn = d\varphi/ds \cong d\varphi/dR^*$, si R^* est le rayon de l'arc de cercle considéré. Soient x' et z les coordonnées d'un point, x et y les coordonnées d'un point de la ligne d'eau et ϑ l'angle que la tangente à la nappe fait avec l'horizontale. On constate que V est constant tout le long de l'arc de cercle, en sorte qu'en considérant le filet liquide supérieur, on a

$$V = kJ = k\frac{dy}{dR^*} = k \sin\vartheta.$$

D'autre part $R^* = y/\sin\vartheta$. Le débit dQ passant par le point de coordonnées (x', z) a pour expression, si $O < \alpha < \vartheta$ (*fig. a*) :

$$dQ = V\, 2\pi x', \qquad dn = 2\pi\, k \sin\vartheta\, x' R^* d\alpha, \qquad \text{et} \qquad Q = \int_0^\vartheta dQ = 2\pi k y \int_0^\vartheta x'\, d\alpha.$$

Soit $f = y \operatorname{tg} \vartheta/2$ la flèche de l'arc de cercle. Posons $x_m = x + f/2$ et $\int_0^\vartheta x'\, d\alpha \cong x_m \int_0^\vartheta d\alpha$. On trouve alors

$$(1) \qquad Q = 2\pi k y \left(x + \frac{y}{2} \operatorname{tg}\frac{\vartheta}{2}\right)\vartheta$$

Si l'on néglige le terme correctif $\operatorname{tg}\vartheta/2$, on a plus simplement

$$(1\,a) \qquad Q \cong 2\pi\, k\, x y \vartheta,$$

[formule que A. Vibert avait déjà trouvée par de toutes autres voies ([8])].

([8]) *Le Génie civil*, **112**, I, p. 7; **113**, XX et XXI, pp. 406 et 427.

Pour une tranchée, on a de façon semblable (q débit par unité de largeur)

$$q = k y \mathfrak{I}. \tag{2}$$

On peut, en partant des équations différentielles de la courbe d'abaissement de la nappe (1) ou (2), construire point par point la ligne d'eau et calculer la hauteur critique h_c.

ÉLECTRICITÉ. — *De la force exercée par un courant rectiligne sur un courant parallèle.* Note de M. **Émile Bryliński.**

Dans une Note antérieure ([1]), dont nous conservons les notations, nous avons précisé l'expression de la force exercée l'un sur l'autre par deux courants rectilignes parallèles, dans les conditions de ladite Note, sous la forme

$$f = 2\mu_0 \frac{l}{r} i^2. \tag{1}$$

On pourrait objecter que cette formule n'est pas rigoureuse, mais son approximation est telle qu'on peut la maintenir sans inconvénient. Dans la détermination de L, la théorie classique néglige, pour la partie du flux d'un des conducteurs qui traverse l'autre, la différence entre la perméabilité magnétique du conducteur et celle du vide. Pour réparer cette négligence volontaire et justifiée, il faut ajouter à l'expression de L un terme

$$4(\mu - \mu_0)\, l \operatorname{Log} \frac{r}{r-a} = 16\pi\varkappa\mu_0\, l \operatorname{Log} \frac{r}{r-a}, \tag{2}$$

où $\varkappa$ est la susceptibilité magnétique du conducteur. Le terme correctif à ajouter à l'expression de la force sera donc

$$8\pi\varkappa\mu_0\, l\, i^2 \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r-a}\right) = 8\pi\varkappa\mu_0 \frac{l}{r} i^2 \left(\frac{-a}{r-a}\right), \tag{3}$$

de sorte que l'équation (1) deviendra

$$f' = 2\mu_0 \frac{l}{r} i^2 \left(1 - 4\pi\varkappa \frac{a}{r-a}\right). \tag{4}$$

Si les conducteurs sont en cuivre et d'un rayon de 1^{mm}, l'erreur relative résultant de l'omission du terme correctif sera de l'ordre de $1{,}4.10^{-8}$. Une erreur aussi petite est complètement négligeable, ce qui justifie l'emploi de la formule (1).

Mais l'équation (4) n'est elle-même pas parfaitement rigoureuse, car elle suppose le circuit traversé limité aux axes des conducteurs. Or s'il en est bien ainsi pour un conducteur envisagé isolément, puisque le flux propre du conduc-

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 378.

teur tourne autour de son axe, le second conducteur y superpose son flux qui est, lui, de même sens de part et d'autre de cet axe. Le flux traversant s'étend donc au delà de l'axe jusqu'à une parallèle située à une distance λ, où le champ magnétique s'annule et au delà de laquelle le flux d'induction s'inverse. L'annulation du champ donne

$$\frac{2i}{r+\lambda} = 2i\frac{\lambda}{a^2}, \qquad \text{d'où il résulte } \lambda^2 + \lambda r - a^2 = 0,$$

$$(5) \qquad \lambda = -\frac{r}{2}\left(1 - \sqrt{1+\frac{4a^2}{r^2}}\right).$$

Il faut donc ajouter à l'expression de L un terme

$$(6) \qquad 4\mu l \, \mathrm{L}g \frac{1+\sqrt{1+\frac{4a^2}{r^2}}}{2},$$

et il en résultera l'introduction, dans l'équation (4), d'un nouveau terme correctif

$$2\mu_0(1+4\pi\varkappa)li^2 \frac{-4\frac{a^2}{r^3}}{1+\sqrt{1+\frac{4a^2}{r^2}}} = -8\mu_0\frac{l}{r}i^2(1+4\pi\varkappa)\frac{a^2}{r(r+\sqrt{r^2+4a^2})}.$$

Mais il faut également en retrancher un terme correspondant au flux propre de sens inverse de chaque conducteur dans les tranches λ, ce qui introduira dans l'équation (4) un terme

$$(7) \qquad -\frac{\mu l i^2}{4a^4}\frac{d\lambda^4}{dr} = \frac{\mu l i^2}{2a^4}\left(\frac{r^4+4a^2r^2+2a^4}{\sqrt{r^2+4a^2}} - r^3 - 2a^2 r\right).$$

Lorsque r est grand devant a, comme c'est le cas en général, λ prend très sensiblement la valeur a^2/r, de sorte que le terme correctif (7) devient égal à

$$(8) \qquad \mu\frac{l}{r}i^2\frac{a^4}{r^4}.$$

On peut vérifier, par un calcul un peu long, que la formule (7) conduit au même résultat. L'expression de la force deviendra dès lors

$$(9) \qquad f'' = 2\mu_0\frac{l}{r}i^2\left[1 - 4\pi\varkappa\frac{a}{r-a} - (1+4\pi\varkappa)\frac{4a^2}{r^2+r\sqrt{r^2+4a^2}} + \frac{1+4\pi\varkappa}{4a^4}\left(\frac{r^5+4a^2r^3+2a^4r}{\sqrt{r^2+4a^2}} - r^4 - 2a^2r^2\right)\right].$$

Ce nouveau terme correctif est négligeable comme le précédent, car, dans le cas examiné, il est de l'ordre de 2.10^{-6}, et il suffirait de considérer des conducteurs de $0^{mm},1$ de rayon pour ramener sa valeur à 2.10^{-8}.

Si les conducteurs ont des longueurs finies, il faut apporter à l'expression de la force des corrections supplémentaires bien connues.

En résumé, des formules précédentes permettent de donner une définition absolue de l'*ampère*.

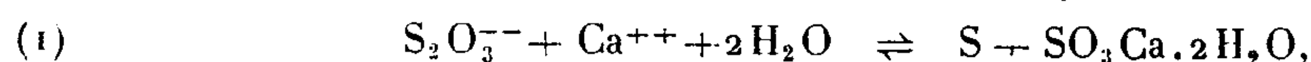
On a réalisé de nombreux instruments permettant de mesurer les courants électriques au moyen des forces qu'ils créent entre circuits, par application d'équations analogues à (1), adaptées à la constitution des appareils, et l'on a pu obtenir une approximation supérieure au dix-millième. Les plus précis de ces appareils peuvent servir d'étalons secondaires du courant.

On dispose donc d'une base solide pour construire le système M. K. S. A. (mètre, kilogramme, seconde, ampère) sans avoir besoin de se référer aux unités électriques dites internationales. Il est d'ailleurs intéressant pour les usages de la pratique de constater que l'ampère international est égal à l'ampère absolu à 1 ou 2 dix-millièmes près.

CHIMIE PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la teneur en thiosulfate des bouillies sulfocalciques.* Note de M. **Gabriel Valensi**, présentée par M. Paul Pascal.

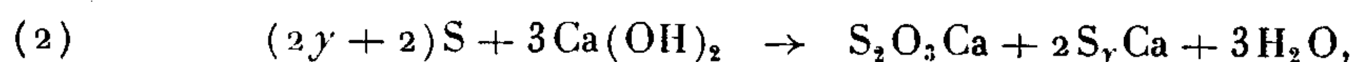
Une Note récente (¹) jette quelque doute sur l'interprétation que j'ai proposée (²) pour expliquer la teneur en thiosulfate, d'autant plus faible que la concentration totale est grande, des bouillies engendrées par action du soufre sur les laits de chaux.

I. Cette interprétation s'appuie sur l'équilibre de dissociation de l'ion hyposulfureux en ion sulfureux et en soufre, déplacé vers la droite par élimination d'un des produits, sous forme de sulfite de calcium insoluble

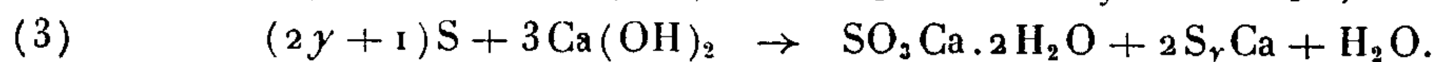


$$(1) \qquad S_2O_3^{--} + Ca^{++} + 2H_2O \rightleftharpoons S + SO_3Ca.2H_2O,$$

ce qui impose une répartition variable selon la teneur en calcium, entre les deux réactions génératrices



$$(2) \qquad (2y+2)S + 3Ca(OH)_2 \rightarrow S_2O_3Ca + 2S_yCa + 3H_2O,$$



$$(3) \qquad (2y+1)S + 3Ca(OH)_2 \rightarrow SO_3Ca.2H_2O + 2S_yCa + H_2O.$$

En fait, les résultats expérimentaux relatifs à la température moyenne de 102°C. impliqueraient pour l'équilibre (1) une constante *apparente* (³) dont les écarts n'excèdent pas 13 %, quand la molalité (⁴) en ion calcium est comprise entre 3 et 1 (le thiosulfate étant exclusif au-dessous de cette valeur), et qui varient d'ailleurs systématiquement selon la loi empirique

$$(4) \qquad K' = \frac{K}{\gamma_{\pm}^2} = [S_2O_3^{--}][Ca^{++}] = 0,610 - 0,084[Ca^{++}].$$

(¹) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 145.
(²) G. Valensi, *Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, **12**, 1945, p. 642.
(³) C'est-à-dire rapportée aux concentrations au lieu des activités.
(⁴) Nombre de particules-grammes par kilogramme de solvant.

(K' = constante apparente; K = constante thermodynamique vraie; $\gamma_{\pm}$ = coefficient moyen d'activité des deux ions; crochets = molalités).

II. Cette manière de voir semble bien en accord avec les données de F. R. Bichowsky [5], qui a étudié isolément la thermodynamique de la réaction (1). En interpolant entre les valeurs qu'il indique, on aurait, en effet, pour la température de 102°C., $\log K = -2,244$, soit $K = 5,702.10^{-3}$; pour la molalité unité, $\gamma_{\pm} = 0,0969$ [6], ce qui, quand $[Ca^{++}] = 1$, donne $K' = 0,607$, soit, à 13 % près, la valeur $K' = 0,526$ déduite de (4), en admettant, ce qui n'est qu'une approximation, que le coefficient d'activité est le même dans une solution molale de thiosulfate pur ou dans une solution au total molale de sels de calcium à anions divalents, comme l'est la bouillie.

La constante apparente décroît cependant quand la molalité s'élève, ce qui, à première vue, peut sembler contraire aux résultats de Bichowsky, où apparaît la diminution continue de γ jusqu'à la molalité 1,117, limite d'utilisation de la méthode cryoscopique. Mais on sait que les coefficients d'activité passent en fait par un minimum, et l'on peut chercher à en prévoir la variation, aux fortes concentrations, au moyen de la formule d'Hückel [7]

$$\log\gamma = -\frac{0,356 z_1 z_2 \sqrt{\Gamma}}{1 + A\sqrt{\Gamma}} + B\Gamma - \log(1 + 0,018\nu m)$$

[z_1, z_2 = valences des ions en valeur absolue; $A = 0,232a$ = const. liée au diamètre ionique moyen en angströms a; B = const.; ν = nombre d'ions émis par molécule dissociée; m = molalité; $\Gamma = \Sigma m_i z_i^2$ [8]], soit, dans le cas qui nous occupe,

$$(5) \qquad \log\gamma = -\frac{4,04\sqrt{m}}{1 + 2,83A\sqrt{m}} + 8Bm - \log(1 + 0,036m).$$

Sauf au voisinage de $m = 0,01$, pour lequel la formule non corrigée de Debye et Hückel $\log\gamma = -0,356 z_1 z_2 \sqrt{\Gamma}$ conviendrait mieux [9], cette expression avec $a = 3,67$ Å, $B = 0,0225$ rend bien compte des données de Bichowsky pour les concentrations moyennes. Il semble donc légitime d'en comparer les applications jusqu'à la molalité 3 aux coefficients d'activité expérimentaux $\gamma = \sqrt{5,702.10^{-3}/(0,610 - 0,084m)}$, déduits de (4) et de K_{102} selon Bichowsky :

m.	$\gamma_{calc.}$	$\gamma_{Bich.}$	m.	$\gamma_{calc.}$	$\gamma_{Bich.}$	$\gamma_{val.}$	m.	$\gamma_{calc.}$	$\gamma_{val.}$
0,01....	(0,474)	0,400	0,618...	0,101	0,100	–	1,5....	0,099	0,108
0,163...	0,158	0,149	0,713...	0,098	0,097	–	2......	0,108	0,114
0,267...	0,130	0,127	1.......	0,095	0,097	0,104	2,5....	0,122	0,119
0,393...	0,114	0,113	1,117...	0,096	0,096	0,105	3......	0,139	0,126

(5) *Journ. Am. Chem. Soc.*, 45, 1923, p. 2225.

(6) A 25° C. Vu le caractère approché de cette comparaison, les corrections de température des coefficients d'activité sont ici négligées.

(7) *Physik. Zeits.*, 26, 1925, p. 93.

(8) Les concentrations entrant dans Γ devraient être exprimées en particules g/litre. Comme la formule est en partie empirique, j'ai cru pouvoir, pour simplifier, leur substituer des molalités.

(9) Il en est de même pour les sulfates des métaux divalents.

L'accord paraît suffisant pour conclure que l'équilibre (1) est bien responsable de la teneur en thiosulfate des bouillies.

III. Cette affirmation n'implique d'ailleurs aucune hypothèse quant au *mécanisme* selon lequel le sulfite prend naissance et qui ne consiste pas forcément dans la décomposition exprimée par (1) : il paraît plus vraisemblable d'admettre qu'au cours de la génération des bouillies, ce sont les réactions (2) et (3) elles-mêmes qui se développent simultanément, à travers des processus plus ou moins complexes, mais de manière à satisfaire pratiquement, à chaque instant, aux conditions de l'équilibre (1). L'objection de G. Emschwiller, J. Granjon et M. Velan, qui font état de la lenteur de la décomposition (1), d'après les mesures de Bichowsky, ainsi que leurs propres constatations sur les bouillies filtrées et concentrées par évaporation ultérieure, ne semble donc pas valable. Il est vrai qu'une partie du thiosulfate, exclusivement formé au début de la génération, se décompose ensuite quand la bouillie devient suffisament riche, mais cette réaction peut être favorisée par la présence d'une grande quantité de germes de SO_3Ca, $2H_2O$, crées par la réaction (3), comme aussi catalysée par la chaux libre.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la teneur en huile et en linamaroside des graines d'une série de variétés de Lin.* Note de M. **Émile André** et Mme **Madeleine Kogane-Charles**, présentée par M. Marcel Delépine.

Depuis longtemps déjà, il existe des variétés de Lin à huile et des variétés de Lin à fibres. Les génétistes s'efforcent cependant de sélectionner des variétés mixtes donnant à la fois un rendement honorable en fibres et en graines. La variété mixte d'origine hollandaise dite « Lin concurrent à fleurs blanches » est déjà assez répandue en France.

Pour obtenir des fibres de bonne qualité, il convient d'arracher la plante avant la maturité des capsules; celles-ci achèvent de mûrir pendant que les tiges, non encore lignifiées, se dessèchent. Malgré tout, les graines des variétés productrices de fibres restent petites et plates; leur teneur en huile reste inférieure à celle de variétés cultivées pour graines.

Le service central d'amélioration des plantes de Versailles a mis à notre disposition une importante collection de graines de Lin comportant : 12 échantillons de graines de Lins textiles arrachés entre jaune précoce et jaune tardif (couleur de la tige); 15 échantillons de Lins textiles récoltés à maturité complète (pour production de graines de semences); 11 échantillons de Lins mixtes; 11 échantillons de Lins à huile. Nous en avons entrepris l'étude en vue de déterminer; 1° la teneur en huile de chaque échantillon; 2° la teneur en principe cyanogénétique (linamaroside) du résidu déshuilé. Le tourteau de Lin, très recherché comme aliment du bétail,

produit parfois de graves accidents d'intoxication cyanhydrique, chez les jeunes animaux en particulier.

Grosseur des graines. — Nous avons constaté sans surprise de grandes variations dans le nombre de graines contenues dans un gramme. Ce nombre a varié de 105 (variété à huile de l'Argentine dite Chubut) à 284 (variété textile de Suède dite *Blenda*). D'une façon générale, les Lins à huile donnent des graines grosses et riches, les Lins à fibres des graines petites, plates et pauvres. Les Lins mixtes se tiennent entre ces extrêmes.

Teneur en huile. — Elle a présenté des variations importantes. Les valeurs extrêmes se sont tenues entre 43 % pour la variété à huile de Hongrie dite *Szekacs-Olajlen*, à 32,2 % pour la variété textile de Lettonie dite *Couronne*.

Teneur en acide cyanhydrique du résidu déshuilé. — L'importance de cette donnée chimique a été l'objet de nombreuses controverses. On ne peut malgré tout la tenir pour négligeable. Nous avons constaté que les variétés textiles sont les plus riches en linamaroside. Le résidu déshuilé de la variété *Blenda* tient le record avec 0g,712 de CNH par kilo. C'est elle qui nous a fourni la plus faible teneur en huile (32,2 %); c'est aussi celle dont les graines étaient les plus petites (284 dans un gramme).

Sur les 50 échantillons de graines examinées, 11 ont donné un résidu déshuilé dégageant une quantité de CNH supérieure à 0g,60 par kilo. Les sept variétés qui ont dégagé le maximum de CNH sont toutes des Lins textiles; par contre les Lins à huile les plus riches sont ceux dont le résidu déshuilé présentait les plus faibles teneurs en linamaroside.

Lins textiles : variétés.	Nombre de graines dans 1g.	Teneur en huile %.	Acide cyanhydrique que dégage par 1000g de résidu déshuilé.
Blenda	284	32,3	0,712
Dotnuvos	257	34,0	0,702
Ligo	281	35,1	0,700
Liral Crown	232	32,9	0,692
Crésus	249	36,1	0,670
L. C. S. D.	208	37,4	0,640
Liral Monarch	221	34,5	0,616
Lins à huile : variétés.			
Szekacks Olajlen	133	43,0	0,438
Miège Maroc	160	37,9	0,374
Valachie 2.5	127	40,2	0,371
Miège Maroc 0.1.4	114	40,0	0,288

A titre d'exception signalons un Lin textile récolté à maturité complète, la variété irlandaise dite *Liral-suffolk*, dont le résidu déshuilé donne 0g,410 seulement de CNH par kilo; le rendement en huile a été de 37,8 % et le nombre de graines au gramme de 192.

L'étude d'un nombre important d'échantillons nous a permis de montrer que

les variétés cultivées uniquement pour la production de l'huile, sont celles dont le résidu déshuilé est le moins riche en linamaroside sans qu'il s'agisse cependant d'une règle absolue. Il existe d'heureuses exceptions. Le Lin textile d'Irlande *Liral-suffolk* en est une. En choisissant convenablement les lignées, on parviendra sans doute à fixer une variété mixte donnant à la fois des fibres de bonne qualité, un rendement satisfaisant en huile et un résidu déshuilé dégageant peu d'acide cyanhydrique.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Hydrophyllacées. Développement de l'embryon chez le* Phacelia tanacetifolia *Benth.* Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

Les relations étroites que K. Schnarf (¹) signalait entre Solanacées et Hydrophyllacées, en se basant sur des caractères embryologiques tirés de l'albumen, se trouvent confirmées par l'étude embryogénique : l'embryon du *Phacelia tanacetifolia* Benth. s'apparente en effet au type *Hyoscyamus* (²).

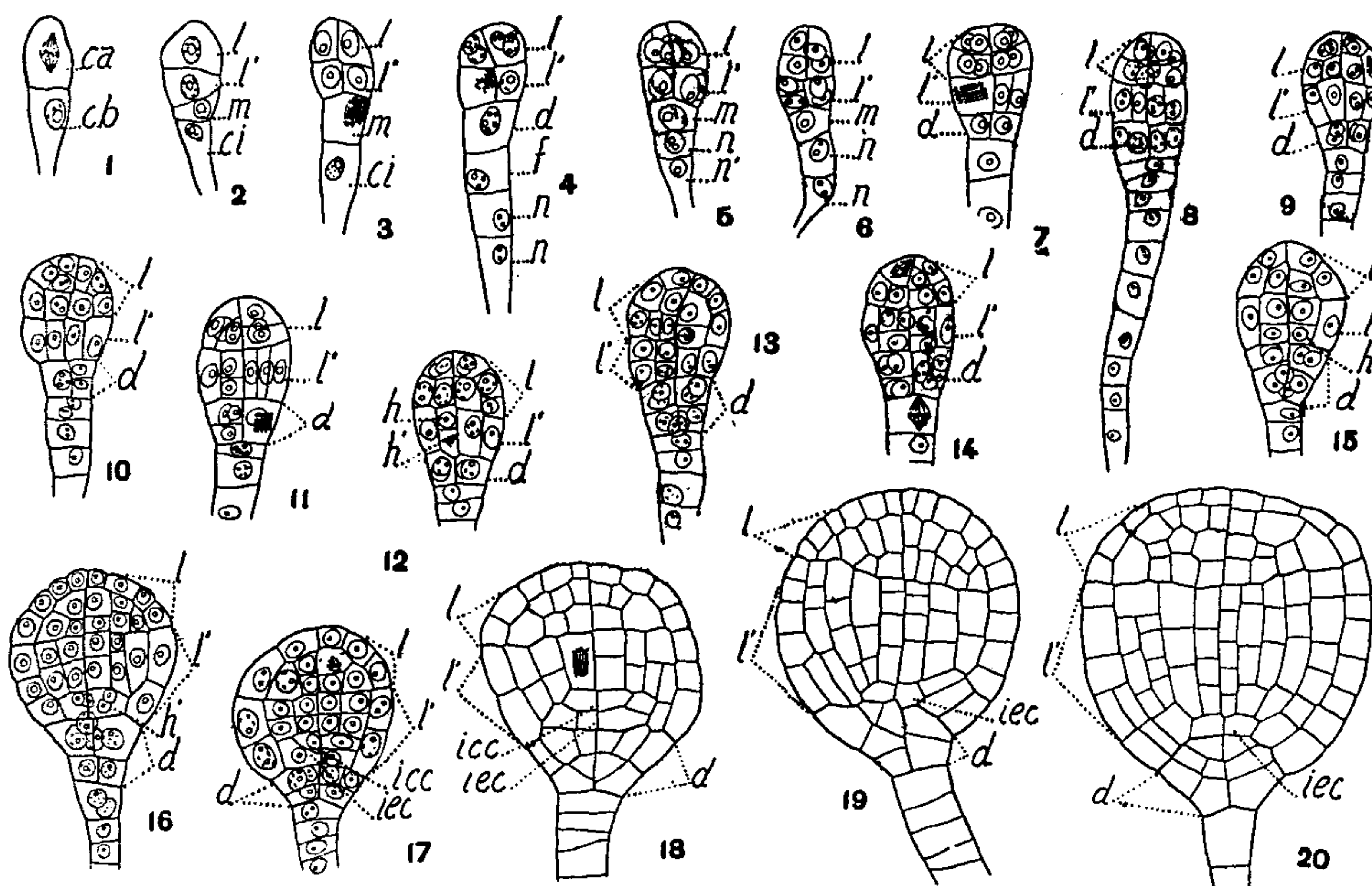


Fig. 1 à 20. — *Phacelia tanacetifolia* Benth. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *l*, cellule supérieure de la tétrade ou partie cotylée; *l'*, cellule subterminale de la tétrade ou partie hypocotylée; *m*, cellule subproximale de la tétrade; *d* et *f*, cellules-filles de *m*; *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *h* et *h'*, les deux éléments superposés issus du cloisonnement transversal des premières cellules intérieures de la partie hypocotylée; *iec*, initiales de l'écorce, et *icc*, initiales du cylindre central au sommet radiculaire. G. = 370.

L'embryon bicellulaire (*fig.* 1) donne naissance à une tétrade linéaire (*fig.* 2) dont les

(¹) *Vergleichende Embryologie der Angiospermen*, Berlin, 1931.

(²) R. Souèges, *Comptes rendus*, 170, 1920, pp. 1125 et 1279; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 69, 1922, pp. 163 et 236.

deux éléments supérieurs *l* et *l'*, issus de la cellule apicale *ca*, fournissent chacun deux quadrants (*fig.* 3) auxquels succèdent des octants, par divisions longitudinales (*fig.* 4 et 5).

Dans l'étage *l*, les octants sont disposés sur un même plan (*fig.* 5); exceptionnellement, ils apparaissent superposés (*fig.* 6 à gauche). Parfois, des cloisons périclines (*fig.* 11 à gauche) isolent d'emblée le dermatogène, mais, plus souvent, les cloisons sont anticlines et séparent un groupe supérieur de quatre cellules qui se comportent comme une épiphyse, tandis que le groupe inférieur engendre le tissu cotylédonaire (*fig.* 7 et 8), comme cela s'observe chez certains *Solanum*.

L'étage *l'* fournit d'abord le dermatogène de l'axe hypocotylé (*fig.* 7), puis les éléments circumaxiaux se cloisonnent transversalement (*fig.* 12); la tétrade supérieure fournit, par division longitudinale, le périblème et le plérome (*fig.* 14); la tétrade inférieure correspond, dans certains cas, aux initiales de la racine; mais, le plus souvent, celles-ci, avant de donner les initiales définitives, se cloisonnent obliquement (*fig.* 17 à gauche) ou transversalement (*fig.* 17 à droite), isolant, vers le haut, les initiales du plérome et, vers le bas, les initiales du périblème.

L'élément intermédiaire *m* de la tétrade donne naissance à deux cellules superposées *d* et *f*. La cellule supérieure *d* se divise d'abord longitudinalement (*fig.* 7, 8 et 9), parfois transversalement (*fig.* 10 à droite). En tout cas, on obtient finalement deux assises de cellules qui engendrent la portion médiane de la coiffe, les portions latérales étant produites par divisions tangentielles des éléments du dermatogène de l'hypocotyle (*fig.* 18, 19 et 20).

Les descendantes de la cellule *f*, fille de *m*, participent, avec les éléments issus de la cellule inférieure *ci* de la tétrade, à la formation d'un suspenseur long et filamenteux (*fig.* 8).

Le *Phacelia tanacetifolia* Benth. appartient à la première grande division, série C, sous-série a_1, mégarchétype V, de la classification périodique. Il vient se ranger aux côtés des *Hyoscyamus*, par le mode de groupement des initiales de la racine aux dépens de la partie hypocotylée. Par les formes où se différencie une épiphyse à partir de l'étage *l*, il se rapproche des Polémoniacées en général ([3]) et, plus spécialement, du *Polemonium cæruleum* ([4]), où les quatre éléments de la tétrade ont même destinée, où les initiales de l'écorce au sommet radiculaire ont même origine, même mode de séparation.

La séance est levée à 15h45m.

L. B.

([3]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 543; **220**, 1945, p. 897.

([4]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1338; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **86**, 1939, p. 289.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 SEPTEMBRE 1946.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

DYNAMIQUE DES CORPS DÉFORMABLES. — *Sur la théorie des corps plastiques et l'équation d'Airy-Tresca*. Note (¹) de M. **JULES DRACH**.

I. *a*. La théorie à *deux* dimensions des corps plastiques repose sur les équations d'Euler

$$(\mathrm{E})\qquad \rho\frac{d\mathrm{U}}{dt}=\mathrm{X}-\left(\frac{\partial \mathrm{N}_x}{\partial x}+\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial y}\right),\qquad \rho\frac{d\mathrm{Y}}{dt}=\mathrm{Y}-\left(\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial x}+\frac{\partial \mathrm{N}_y}{\partial y}\right),$$

où U, V sont les composantes de la vitesse suivant les axes rectangulaires Ox, Oy avec $(d\mathrm{U}/dt)=(\partial\mathrm{U}/\partial t)+(\partial\mathrm{U}/\partial x)\mathrm{U}+(\partial\mathrm{U}/\partial y)\mathrm{V}$, ...; ρ désigne la densité, X, Y la force extérieure sur l'unité de volume; N_x, N_y, T les éléments du tenseur des efforts *dû aux pressions à la frontière*. Tresca a ajouté deux conditions pour déterminer le système :

1° Les axes de l'ellipse des tensions sont parallèles à ceux de l'ellipse des déformations (comme en Élasticité), d'où

$$(1)\qquad \frac{\mathrm{N}_x-\mathrm{N}_y}{2\mathrm{T}}=\frac{\dfrac{\partial\mathrm{U}}{\partial x}-\dfrac{\partial\mathrm{V}}{\partial y}}{\dfrac{\partial\mathrm{U}}{\partial y}+\dfrac{\partial\mathrm{V}}{\partial x}}.$$

2° Le mouvement se fait suivant *la plus grande poussée interne* lorsqu'elle atteint une certaine valeur $2k$.

Si les poussées principales sont données par $\mathrm{P}^2-\mathrm{P}(\mathrm{N}_x+\mathrm{N}_y)+\mathrm{N}_x\mathrm{N}_y-\mathrm{T}^2=0$ et si l'on observe que $\mathrm{P}_1=(\mathrm{P}_1+\mathrm{P}_2)/2+(\mathrm{P}_1-\mathrm{P}_2)/2$, on peut regarder les efforts comme formés d'une pression analogue à une *pression hydrostatique*, $(1/2)(\mathrm{P}_1+\mathrm{P}_2)$, qui modifie le volume (non la forme) et la densité ρ, et d'une poussée $(1/2)(\mathrm{P}_1-\mathrm{P}_2)$ dont le maximum donne

$$(2)\qquad (\mathrm{N}_x-\mathrm{N}_y)^2+4\mathrm{T}^2=4k^2.$$

On a, en outre, l'équation de continuité (3) :

$$\frac{\partial\rho}{\partial t}+\rho\left(\frac{\partial\mathrm{U}}{\partial x}+\frac{\partial\mathrm{V}}{\partial y}\right)=0.$$

Quand on suppose les pressions extérieures très grandes par rapport aux forces de volume

(¹) Séance du 16 septembre 1946.

et d'inertie, on peut négliger ces dernières (accélération nulle) et (E) donne seulement les équations de l'équilibre interne

$$\frac{\partial N_x}{\partial x} + \frac{\partial T}{\partial y} = 0, \qquad \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial N_y}{\partial y} = 0,$$

qu'Airy résout en prenant

$$N_x = \frac{\partial^2 A}{\partial y^2}, \qquad T = -\frac{\partial^2 A}{\partial x \, \partial y}, \qquad N_y = \frac{\partial^2 A}{\partial x^2}.$$

Nous désignerons la fonction A par $z(x, y)$ et ses dérivées par p, q, r, s, t suivant l'usage.

L'équation de Tresca est alors

$$(r - t)^2 + 4s^2 = 4k^2, \qquad \text{ou} \qquad r = t + 2\sqrt{k^2 - s^2};$$

nous allons d'abord l'intégrer.

b. L'équation étudiée fait partie de la classe $r = f(s, t)$, où f est quelconque, que nous intégrons (²) par l'emploi des caractéristiques d'Ampère α, β, de la manière suivante.

Soient m_1, m_2 les racines de $m^2 + m(\partial f/\partial s) - (\partial f/\partial t) = 0$, on a en particulier

$$\frac{\partial y}{\partial \alpha} - m_1 \frac{\partial x}{\partial \alpha} = 0, \qquad \frac{\partial y}{\partial \beta} - m_2 \frac{\partial x}{\partial \beta} = 0; \qquad \frac{\partial s}{\partial \alpha} + m_2 \frac{\partial t}{\partial \alpha} = 0, \qquad \frac{\partial s}{\partial \beta} + m_1 \frac{\partial t}{\partial \beta} = 0.$$

Le dernier groupe permet de trouver α, β en s, t par l'intégration de deux équations linéaires du premier ordre. On en déduit ensuite x, y puis p, q et z.

La solution adoptée est plus symétrique. Si l'on considère la fonction Z donnée par

$$Z = z - (px + qy) + \frac{1}{2}(rx^2 + 2sxy + ty^2),$$

on trouve que l'expression

$$\text{(G)} \qquad F(Z) = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 Z}{\partial \alpha \, \partial \beta} : \sqrt{\frac{\partial Z}{\partial \alpha} \frac{\partial Z}{\partial \beta}} = F(t) = \lambda(\alpha, \beta), \qquad \text{où } \lambda \text{ est connu.}$$

La fonction r est solution de la même équation. Goursat a remplacé l'équation (G) par un système *linéaire* $(\Delta): \partial u/\partial \beta = \lambda v$, $\partial v/\partial \alpha = \lambda u$, en posant $\partial Z/\partial \alpha = u^2$, $\partial Z/\partial \beta = v^2$ et v est une solution de l'équation *adjointe* à celle dont dépend u.

On a dès lors, avec deux systèmes *déterminés* de solutions u_1, v_1 et u_2, v_2,

$$dr = u_2^2 \, d\alpha + v_2^2 \, d\beta, \qquad ds = u_1 u_2 \, d\alpha + v_1 v_2 \, d\beta, \qquad dt = u_1^2 \, d\alpha + v_1^2 \, d\beta,$$

et ensuite, avec la solution *générale* u, v, $2\,dZ = u^2 \, d\alpha + v^2 \, d\beta$ et $u_1 y + u_2 x = u$, $v_1 y + v_2 x = v$ pour déterminer x et y.

(²) JULES DRACH, *Atti del Congresso Int. dei Matematici*, VI, Bologne, 1928; *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1593; **183**, 1926, p. 109.

Dans le cas actuel, on trouve qu'en posant $s = k\sin^2\varphi - k\cos^2\varphi$, on peut prendre $\beta = t + k(2\varphi + \sin 2\varphi)$; $\alpha = -t + k(2\varphi - \sin 2\varphi)$, d'où l'on conclut compte tenu de $m_1 m_2 = -1$, $\varphi = (\beta + \alpha)/4k$, $t = [(\beta - \alpha)/2] - k\sin 2\varphi$ et $\lambda = -i/4k$.

En accord avec ce qu'on a dit plus haut

$$u_1 = i\cos\varphi, \qquad v_1 = \sin\varphi; \qquad u_2 = -i\sin\varphi, \qquad v_2 = \cos\varphi.$$

et tout revient à l'intégration de

$$(\Sigma) \qquad \frac{\partial u}{\partial \beta} = -\frac{iv}{4k}; \qquad \frac{\partial v}{\partial \alpha} = \frac{-iu}{4k}$$

ou à celle de l'équation de Laplace

$$(\Theta) \qquad \frac{\partial^2 u}{\partial\alpha\,\partial\beta} = -\frac{u}{16k^2},$$

qui est *ici* à invariants égaux. C'est l'équation, souvent étudiée, des *télégraphistes*.

Des expressions de x et y on déduit, par quadratures, celles de

$$P = rx + sy - p, \qquad Q = sx + ty - q$$

données par

$$dP = uu_2\,d\alpha + vv_2\,d\beta, \qquad dQ = uu_1\,d\alpha + vv_1\,d\beta,$$

d'où p, q et ensuite z, c'est-à-dire la fonction d'Airy, exprimée en α, β.

On observera que r, s, t sont déterminés en α, β; les arbitraires figurent en u, v, donc en x, y.

c. Pour achever de résoudre le problème général, il faut U et V. Supposons ρ constant, on peut poser $U = \partial\Lambda/\partial y$, $V = -(\partial\Lambda/\partial x)$, et l'équation (1) de Tresca donne pour $\Lambda(x, y)$ la condition linéaire

$$(1') \qquad \frac{\partial^2\Lambda}{\partial x^2} - \frac{\partial^2\Lambda}{\partial y^2} + 4\,\frac{\partial^2\Lambda}{\partial x\,\partial y}\,\frac{r-t}{s} = 0 \qquad \text{où} \quad \frac{r-t}{s} = -\operatorname{tg} 2\varphi.$$

Si l'on cherche les caractéristiques α et β de (1′), on trouve que *ce sont les mêmes que pour l'équation en z*; la transformée de (1′) est alors

$$(1'') \qquad 4k\frac{\partial^2\Lambda}{\partial\alpha\,\partial\beta} + \operatorname{tg}\varphi\,\frac{\partial\Lambda}{\partial\alpha} - \operatorname{cotg}\varphi\,\frac{\partial\Lambda}{\partial\beta} = 0.$$

Mais, il y a plus, cette équation est aussi celle dont dépend y (ou t); on peut donc prendre $\partial\Lambda/\partial\alpha = u_0^2$, $\partial\Lambda/\partial\beta = v_0^2$, u_0, v_0 désignant une solution *arbitraire* (autre que u, v) du système (Σ) dont *tout dépend*. Ainsi Λ est connu en α, β par une quadrature quand u_0, v_0 le sont; comme x, y sont connus en α, β, Λ peut être obtenu en x, y. Le problème général est terminé.

Pour les problèmes particuliers, ils dépendent des conditions aux frontières qui sont de deux sortes : Il y a sur certaines parties du contour des pressions qui produisent le mouve-

ment et modifient N_x, N_y, T; elles déterminent, plus ou moins, les arbitraires qui figurent dans u et v. Sur d'autres parties fixes, la vitesse U, V doit être tangente au contour, ce qui modifie les arbitraires de u_0, v_0. On pourra tenter de résoudre des cas simples.

II. La théorie des corps plastiques exige la distinction, *basée sur des expériences*, des différentes espèces de *plasticité*. Il ne semble pas qu'on possède sur ce point des résultats définitifs, malgré de nombreuses recherches : Tresca, Maurice Lévy, v. Karman, v. Mises, ... Si l'on considère seulement le voisinage du domaine où les déformations sont *élastiques*, on peut négliger devant les pressions extérieures les forces de volume et d'inertie et écrire les conditions d'équilibre *interne* : $(\partial N_x/\partial x) + (\partial T_z/\partial y) + (\partial T_y/\partial z) = 0$, ... Il est possible d'y satisfaire en prenant

$$T_x = \frac{\partial^2 \alpha}{\partial y\, \partial z}, \qquad T_y = \frac{\partial^2 \beta}{\partial z\, \partial x}, \qquad T_z = \frac{\partial^2 \gamma}{\partial x\, \partial y}, \qquad N_x + \frac{\partial^2 \gamma}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \beta}{\partial z^2} = 0, \qquad \ldots,$$

où α, β, γ sont arbitraires. Les efforts principaux sont donnés par une équation du troisième degré $P^3 - P^2(N_x + N_y + N_z) + P.Q + R = 0$, et l'on peut encore parler d'une *pression moyenne* $\Sigma = 1/3(P_1 + P_2 + P_3) = 1/3(N_x + N_y + N_z)$ qui agit comme une pression hydrostatique et d'efforts *réduits* produisant la déformation. Ces efforts réduits peuvent d'ailleurs être obtenus en prenant $\alpha = (b + c - a)/2$, ... avec $a = (\partial^2 n/\partial y^2) - (\partial^2 m/\partial z^2)$, ..., l, m; n désignant trois nouvelles fonctions arbitraires; mais les efforts renferment l, m, n au quatrième ordre.

Si l'on observe que les déplacements à vitesse constante sont proportionnels aux vitesses, on peut écrire que les ellipsoïdes des efforts et des déformations ont leurs axes parallèles, ce qui donne

$$\frac{N_x - \Sigma}{\dfrac{\partial U}{\partial x}} = \frac{N_y - \Sigma}{\dfrac{\partial V}{\partial y}} = \frac{N_z - \Sigma}{\dfrac{\partial W}{\partial z}} = \frac{2T_x}{\dfrac{\partial V}{\partial z} + \dfrac{\partial W}{\partial y}} = \ldots = h,$$

h étant une constante *caractéristique* du milieu. Ces équations donnent l'invariance du volume et aussi les *équations de Maurice Lévy*.

Si l'on y joint une condition de Tresca : la *densité* d'énergie interne (énergie de l'élément de volume) est constante dans le régime plastique et égale à k^2, on a des équations en nombre suffisant pour déterminer les six fonctions α, β, γ, U, V, W par des *conditions aux frontières*.

Remarque. — Tout ceci se simplifie beaucoup *si l'on admet l'hypothèse* qu'un corps plastique ne peut posséder, en régime permanent, de tourbillons, c'est-à-dire qu'il existe un *potentiel de vitesses*, ou des déformations *sans rotation*.

Dans le cas général, on sait qu'il existe entre les éléments

$$e_{xx} = \frac{\partial U}{\partial x}, \qquad e_{xy} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x}\right), \qquad \ldots$$

six équations aux dérivées partielles du second ordre; elles entraînent entre les efforts d'autres conditions que les conditions d'équilibre. Il y a des conditions nouvelles si U, V, W dépendent d'un potentiel.

En résumé le corps plastique subit des déformations *élastiques* tant que la densité de l'énergie interne n'atteint pas k^2, puis *passe brusquement* à l'état plastique, où k^2 *se conserve*. La chaleur est un moyen d'augmenter l'énergie interne.

M. Louis de Broglie fait hommage à l'Académie du tome III de son Ouvrage *De la mécanique ondulatoire à la théorie du noyau*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Revue de Médecine navale (Métropole et Outre-Mer). Travaux scientifiques des médecins et pharmaciens-chimistes de la Marine.* Tome I, n° 1, 1946.

2° *Oléagineux. Revue mensuelle des matières grasses.* 1re année, n° 1, septembre 1946.

3° Johan Lodewijk Hendrik Jonker. *Stroomverdeeling in Versterkerbuizen.* Proefschrift ter verkrijging van den graad van doctor in de Technische Wetenschap aan de Technische Hoogeschool te Delft.

4° Pieter Leendert Kooijman. *De bereiding van peroxyden door oxydatie van propaan en aethaan en hun toepassingen.* Id.

5° Cornelis Willem Kosten. *Over de elastische eigenschappen van gevulcaniseerde rubber.* Id.

6° Hendrik Cornelis Anthony van Duuren. *Typedruktelegrafie op radioverbindingen.* Id.

7° Pieter Cornelis Lindenbergh. *Bijdrage tot oordeelkundig beheer van het duinwaterkapitaal.* Id.

8° Lambert Willem Nijboer. *Onderzoek naar den weerstand van bitumen-mineraalaggregaat mengsels tegen plastische deformatie.* Id.

9° Paulus Bastiaan Rottier. *Fluorometrische en spectrophotometrische bepaling van lactoflavine in microorganismen.* Id.

10° Kurt Johann Schulz. *Over den spanningstoestand in doorboorde platen.* Id.

11° Aloysius Ignatius Marie Keulemans. *Isomerisatie en thermodynamische stabiliteit van koolwaterstoffen.* Id. (ouvrage polycopié).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Un problème de la théorie des ensembles et des fonctions.* Note (1) de M. **Zygmunt Zahorski**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

I. *Convergence des séries trigonométriques.* — Pour certaines classes K de séries trigonométriques il existe un nombre $\mathcal{D}(K)\in[0, 1]$ tel que si $\mathcal{D}(K)=0$, toutes les séries de la classe K convergent presque partout et, inversement, lorsque $\mathcal{D}(K)=1$, il existe une série de la classe K divergente presque partout avec une oscillation infinie, et inversement; en outre

$$\mathcal{D}(K)=\lim_{b\to\infty}.\lim_{n\to\infty}.B(n, b), \qquad (b>0;\ n>0;\ n \text{ entier}),$$

$$\sqrt[n^3]{\sum_{m=n^3}^{\infty}\frac{M(n, m)}{b^{2nm}}(-1)^{m-n}}=B(n, b) \qquad (m \text{ entier}),$$

(1) Séance du 12 août 1946.

$M(n, m) \geqq 0$ étant des expressions finies, rationnelles, dépendant de K, et ne contenant, outre n et m, que des constantes déterminées. Les classes K peuvent être les suivantes : 1° la classe des séries à coefficients bornés; 2° la classe des séries à coefficients $O(a_r)$, $a_r > 0$, $a_r \to 0$; 3° la classe des séries de Fourier-Lebesgue; 4° la classe des séries de fonctions à carré sommable (L^2) et (L^α); 5° la classe des séries de Fourier des fonctions bornées (resp. continues). Pour la classe 4° (L^2) on peut admettre :

$$M(n, k) = (2n!)^k \sum_{(V_{n,\nu})} \frac{(-1)^{\sum\limits_{m=1}^{n+1} \sum\limits_{l=1}^{m} (l-1) \sum\limits_{\nu=1}^{i} r_{l,m,\nu} \sum\limits_{u=1}^{n^3} V_{u,\nu}}}{\prod\limits_{\nu=1}^{i} \prod\limits_{n=1}^{n^2} V_{n,\nu}!} \prod_{\nu=1}^{i} \left(\frac{1}{\prod\limits_{m=1}^{n+1} \prod\limits_{l=1}^{m} r_{l,m,\nu}!} \right)^{\sum\limits_{n=1}^{n^3} V_{u,\nu}} \text{ACEF},$$

où

$$A = \prod_{m=1}^{n+1} \prod_{l=1}^{m} \left(\sum_{r=l-1}^{m-1} \frac{(2m-1)!}{2r!(2m-2r-1)!} \frac{r!}{(l-1)!(r-l+1)!} \right)^{\sum\limits_{\nu=1}^{i} r_{l,m,\nu} \sum\limits_{u=1}^{n^3} V_{u,\nu}},$$

$$C = \prod_{u=1}^{n^3} \frac{p_u!}{2^{p_u} \left(\frac{p_u}{2} \right)!}$$

$$p_u = \sum_{\nu=1}^{i} V_{u,\nu} \sum_{t=0}^{u} (2t+1) \sum_{l=1}^{m+1-t} r_{l,t+l,\nu}, \qquad E = \prod_{\nu=1}^{i} \mathcal{J}(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_n)^{\sum\limits_{u=1}^{n^3} V_{u,\nu}},$$

$$\alpha_s = \sum_{l=1}^{s+1} r_{l,s+1,\nu},$$

$$\mathcal{J}(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_n) = 1 \qquad \text{pour } \alpha_n \neq 0,$$

$$\mathcal{J}(\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_t, \alpha_{t-1}, \ldots, \alpha_n) = n - t + 1 \qquad \text{pour } \alpha_t \neq 0,\ \alpha_{t+2} = \alpha_{t+1} = \ldots = \alpha_n = 0,$$

$$F = \prod_{m=1}^{n} \frac{q_m! \left(\sum\limits_{s=m+1}^{n+1} q_s \right)!}{2^{\sum\limits_{s=m}^{n+1} q_s} \left(\frac{q_m}{2} \right)! \left(\frac{\sum\limits_{s=m+1}^{n-1} q_s}{2} \right)! \left(\frac{\sum\limits_{s=m}^{m+1} q_s}{2} \right)!}, \qquad q_m = \sum_{\nu=1}^{i} \left(\sum_{l=1}^{m} r_{l,m,\nu} \right) \left(\sum_{u=1}^{n^3} V_{u,\nu} \right).$$

Les nombres $r_{l,m,\nu}$ sont des entiers non négatifs, tels que $\sum\limits_{m=1}^{n+1} \sum\limits_{l=1}^{m} r_{l,m,\nu} = 2n$. Quand ν varie de 1 à i, nous obtenons tous ces systèmes, qui diffèrent entre eux par les valeurs numériques et par l'ordre, $V_{u,\nu}$, tous, systèmes de nombres entiers non négatifs (qui diffèrent entre eux par les valeurs numériques et par l'ordre), satisfaisant aux conditions

$$\sum_{\nu=1}^{i} \sum_{u=1}^{n^3} V_{u,\nu} = k \qquad \sum_{\nu=1}^{i} V_{u,\nu} \geqq 1 \qquad \text{pour tout } u;$$

tous les nombres $q_1, q_2, \ldots, q_{n+1}$ sont pairs.

II. *Ensemble des points de non-dérivabilité d'une fonction quelconque.* — *a.* Pour toute fonction $f(x)$ (même non mesurable L), les ensembles de points M_1 auxquels $f(x)$ est dépourvue d'une dérivée finie et M_2 auxquels elle est dépourvue d'une dérivée finie ou infinie sont $G_{\delta+}$ ($G_{\delta\sigma}$ de mesure nulle).

b. Pour tout ensemble M du type G_δ ($G_{\delta\sigma}$ de mesure nulle) il existe une fonction continue finie $f(x)$ ayant une dérivée finie pour tout $x\overline{\in} M$ et n'ayant de dérivée ni finie ni infinie (même unilatérale) pour tout $x \in M$.

c. Pour une fonction quelconque l'ensemble $\{f'(x) = +\infty\}$ est $F_{\sigma\delta}$ de mesure nulle.

d. La condition nécessaire et suffisante pour qu'un ensemble M soit l'ensemble des points du type $\mathfrak{X}$ pour une fonction continue est que M soit G_δ et que CM soit de la puissance de continu sur tout segment. (Je dis que le point x est du type $\mathfrak{X}_r$ lorsque $\overline{f}_+(x) = \overline{f}_-(x) = +\infty$, $\underline{f}_-(x) = \underline{f}_+(x) = -\infty$.)

e. Il n'existe point de fonction continue dépourvue de dérivée unilatérale, dont les dérivées de Dini admettent en tout point 2 ou 4 valeurs. (Quant à l'existence de fonctions de ce genre admettant une dérivée unilatérale, c'est un problème que je pose ici.)

J'ai démontré *b* sans tenir compte des dérivées unilatérales et *a* pour les fonctions continues en septembre 1938, *a* pour les fonctions avec un ensemble dénombrable de points de discontinuité en novembre 1939, *a*, *b*, *c*, *d*, *e* sous la forme présente en août et en septembre 1943.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un théorème de probabilités dénombrables.* Note [1] de MM. **P. L. Hsu** et **K. L. Chung**, transmise par M. Émile Borel.

Soit M un module, c'est-à-dire un ensemble de nombres [2] tels que $a \in M$ et $(a+b) \in M$ soient équivalentes à $a \in M$ et $b \in M$.

En cherchant à étendre la validité d'une proposition d'Émile Borel sur le *retour à l'équilibre*, nous avons éprouvé l'utilité du théorème suivant :

THÉORÈME. — *Soit* $\{X_\nu\}$ *une suite de variables aléatoires indépendantes ayant la même fonction de répartition. Alors en posant* $S_n = \sum_{\nu=1}^{n} X_\nu$, *la probabilité*

$$P(S_n \in M \text{ pour une infinité de valeurs de } n)$$

est égale à 0 *ou* 1 *suivant que la série*

$$\sum_{n=1}^{\infty} P(S_n \in M)$$

est convergente ou divergente.

---

(1) Séance du 16 septembre 1946.

(2) Nous pouvons même considérer un ensemble abstrait et une opération abstraite définie pour les variables aléatoires.

Démonstration. — Le cas de convergence est une conséquence immédiate du théorème classique de Borel-Cantelli.

Considérons donc le cas de divergence. Désignons par E_n l'événement $S_n \in M$ et en général par E' le complément de E. Nous avons, d'une manière générale,

$$E_n = (E_1 + E'_1 E_2 + \ldots + E'_1 E'_2 \ldots E'_{n-1} E_n) E_n,$$

où les produits et les sommes veulent dire des conjonctions et des disjonctions, respectivement. Si nous écrivons $P(E_n) = p_n$, $P(E'_1 E'_2 \ldots E'_{k-1} E_k E_n) = p_{1'2'\ldots(k-1)'kn}$, nous avons

$$(1) \qquad p_n = p_{1n} + p_{1'2n} + \ldots + p_{1'2'\ldots(n-2)'(n-1)n} + p_{1'2'\ldots(n-1)'n}.$$

Puisque la conjonction de E_k et E_n équivaut à la conjonction de E_k et de l'événement $X_{k+1} + \ldots + X_n \in M$, par définition même de M, et puisque le dernier événement est indépendant des événements $E_1, \ldots, E_k$, nous avons

$$(2) \qquad p_{1'2'\ldots(k-1)'kn} = p_{1'2'\ldots(k-1)'k} P(X_{k+1} + \ldots + X_n \in M).$$

Mais les variables aléatoires ont la même fonction de répartition, donc

$$P(X_{k+1} + \ldots + X_n \in M) = P(S_{n-k} \in M) = p_{n-k}.$$

Si nous écrivons de plus $p_{1'2'\ldots(k-1)'k} = \pi_k$, la formule (2) ci-dessus s'écrit

$$p_{1'2'\ldots(k-1)'kn} = \pi_k p_{n-k}.$$

En substituant dans (1), nous obtenons la relation suivante

$$(3) \qquad p_n = \sum_{k=1}^{n} \pi_k p_{n-k}, \qquad p_0 = 1.$$

Il s'ensuit que

$$(4) \qquad \begin{cases} \sum_{j=0}^{n} p_j \sum_{j=1}^{n} \pi_k \geqq \sum_{m=1}^{n} \left(\sum_{j+k=m} p_j \pi_k \right) = \sum_{m=1}^{n} p_m, \\ \sum_{k=1}^{n} \pi_k \geqq \sum_{j=1}^{n} p_j : \sum_{j=0}^{n} p_j = \dfrac{1}{1 + \left(\sum_{j=1}^{n} p_j \right)^{-1}}. \end{cases}$$

Puisque dans notre hypothèse $\sum_{j=1}^{n} p_j \to \infty$ quand $n \to \infty$, le passage à la limite nous apprend que

$$(5) \qquad \sum_{k=1}^{\infty} \pi_k \geqq 1.$$

D'autre part, il est évident que

$$(6) \qquad \sum_{k=1}^{\infty} \pi_k = P(S_n \in M \text{ pour au moins une valeur de } n) \leqq 1.$$

De (5) et (6) nous conclurons donc que

$$\sum_{k=1}^{\infty} \pi_k = 1,$$

c'est-à-dire que

$$P\left(\sum_{n=1}^{\infty} E_n\right) = 1.$$

D'une manière semblable, nous aurons

$$P\left(\sum_{n=N}^{\infty} E_n\right) = 1,$$

pour n'importe quel entier $N > 0$. Il s'ensuit que

$$P\left(\prod_{N=1}^{\infty} \sum_{n=N}^{\infty} E_n\right) = \lim_{N \to \infty} P\left(\sum_{n=N}^{\infty} E_n\right) = 1.$$

Le théorème se trouve démontré.

En prenant pour le module M celui qui consiste en le seul élément o et en ne considérant que le cas de divergence, nous obtenons :

Corollaire 1. — *Soit* $\{x_\nu\}$ *une suite de variables aléatoires indépendantes ayant la même fonction de répartition. Alors si* $\sum_{n=1}^{\infty} P(S_n = 0) = \infty$, *il est presque certain que* S_n *s'annule une infinité de fois.*

En raisonnant d'une manière semblable à celle qui nous a conduit aux formules (3) et (4), nous obtenons aussi le corollaire suivant :

Corollaire 2. — *Dans les conditions du corollaire* 1, *si pour un nombre quelconque c nous avons de plus*

$$\frac{P(S_n = c)}{P(S_n = 0)} \to 1 \qquad \text{avec } n \to \infty,$$

alors il est presque certain que $S_n = c$ *une infinité de fois.*

L'application des résultats ci-dessus aux jeux de hasard dits *bernoulliens avec une probabilité* constante commensurable est immédiate.

ASTRONOMIE. — *Sur la longitude et la masse d'une planète trans-plutonienne hypothétique X.* Note de M. **Émile Sevin**, transmise par M. Ernest Esclangon.

Écrivons les valeurs des moyens mouvements diurnes d'Uranus, de Neptune, de Pluton et de X [1] :

$$42'',2309; \quad 21'',5349; \quad 14'',2830; \quad 5'',24113.$$

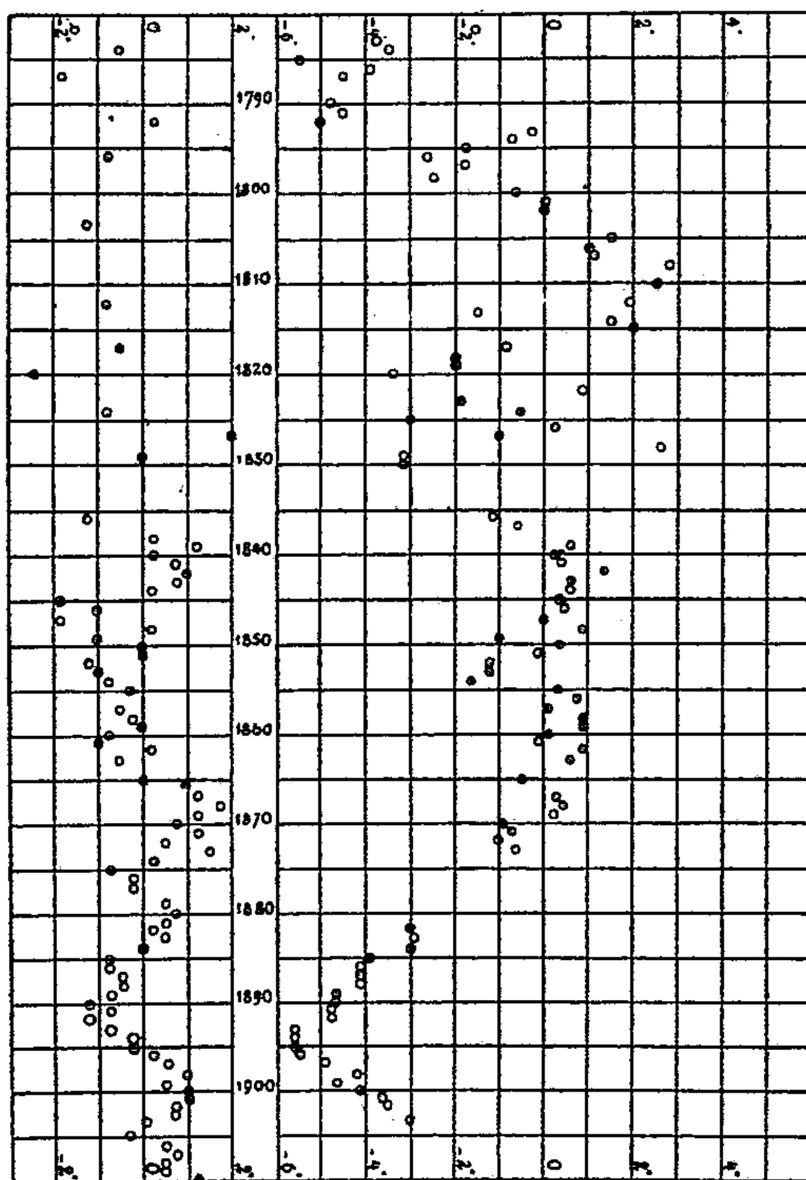
[1] En ce qui concerne la planète X, voir E. Sevin, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 220 et les *Infra-sons stellaires*, Paris, 1946, pp. 12 et 13.

On remarque immédiatement qu'elles sont sensiblement proportionnelles à 1, 1/2, 1/3, 1/8; et si, des dites valeurs, on déduit les périodes P_1, P_2, P_3, qui, en moyenne, séparent deux conjonctions ou deux oppositions héliocentriques successives de Neptune, de Pluton ou de X avec Uranus, on obtient sans peine en années :

$$P_1 = 171,45; \qquad P_2 = 126,96; \qquad P_3 = 95,925.$$

Il en résulte que $3\,P_1 = 4\,P_2$, $3\,P_2 = 4\,P_3$, à environ 1 % près. Et comme, de la période de révolution de X (677 années), on tire $677/7 = 96,7 = P_3$, avec la même approximation, on aperçoit que les orientations des quatre planètes en cause constituent un ensemble sensiblement stationnaire.

Voici maintenant les deux diagrammes connus qui, d'après les théories de



Le Verrier (1873) et de Gaillot (1910), représentent, de 1780 à 1910, les perturbations en longitude d'Uranus corrigées de l'effet produit par Neptune : les ordonnées mesurent les différences moyennes, positives ou négatives, entre les longitudes observées et les longitudes calculées.

On a déjà fait remarquer que la première partie de ces diagrammes devait être interprétée avec une extrême prudence, que les écarts qu'on y rencontrait pouvaient, dans bien des cas, tenir à des erreurs accidentelles dans des observations médiocres; mais que, par contre, la seconde partie montrait un effet systématique dont il importait de mettre la cause en lumière.

Un net maximum se présente en 1870; il est suivi d'une dépression profonde, et c'est là un accident-type caractérisant une récente conjonction. Or, il est *a priori* difficile d'imputer ce maximum à Pluton qui, à l'époque dont il s'agit, ne pouvait produire que des fluctuations de très faible amplitude (²) et se trouvait d'ailleurs à 69° en arrière d'Uranus.

Nous sommes en conséquence conduit à admettre que c'est la planète X qui est responsable de l'effet qui nous occupe. Pour évaluer son décalage en longitude, par rapport à Uranus, au moment du maximum, il nous est loisible d'utiliser la méthode de W. H. Pickering (³) : nous parvenons ainsi à 21°,6.

Dès lors, au 1er janvier 1870, la longitude héliocentrique d'Uranus ayant été effectivement de 109°,9, celle de X se trouve fixée à 88°,3. Après quoi, en recourant au moyen mouvement de cette dernière planète et en désignant par t le temps (évalué en siècles juliens) écoulé depuis le 1er janvier 1900, il vient pour sa longitude héliocentrique tropique moyenne

$$L = 104°,7 + 196\,458'' t;$$

soit, pour le 1er janvier 1947,

$$\boxed{130°,3}.$$

Dans une Note antérieure, Gaillot (⁴) a mis en évidence l'intérêt qu'il y avait, pour interpréter les résidus des perturbations d'Uranus, à prévoir l'intervention simultanée de deux planètes A et B, auxquelles il a attribué, avec une grande erreur possible, des distances au Soleil de 44 et 66 unités astronomiques. Néanmoins, ces distances ne diffèrent pas tellement de celles de Pluton et de X (39,5 et 77,1 unités astronomiques). Mais il y a mieux : d'après Gaillot, la longitude de B aurait été, en 1910, de 114°,6, et il lui correspond, eu égard au moyen mouvement et à la précession, une longitude de 87°,1 en 1870; on retrouve donc, à 1°,2 près, la longitude de X à la même date (88°,3). La solution que nous présentons constitue donc une mise au point de celle de Gaillot, par rectification de la distance sans modification de l'effet essentiel sur Uranus.

La masse calculée de B (1/14000 de celle du Soleil) subit une rectification corrélative pour être adaptée à X : on trouve

$$m' = \frac{M_\odot}{14000 \times 0,573} \simeq \frac{M_\odot}{8000}.$$

Il s'agirait donc d'une planète importante, et c'est de bon augure pour sa découverte physique, malgré la grande distance qui nous en sépare.

(²) Voir V. Kourganoff, *Bulletin astronomique*, **12**, v, p. 283.

(³) *Harvard Annals*, **82**, 1919, p. 56, et *Popular Astronomy*, 1928, p. 147.

(⁴) *Comptes rendus*, **148**, 1909, p. 754.

Ajoutons enfin qu'il résulte, de l'expression ci-dessus de L, que X a dû provoquer vers 1920, sur *Neptune,* une perturbation maximum suivant de près une perturbation analogue produite par Pluton. Ce double effet est parfaitement visible sur le diagramme représentant les résidus des perturbations de Neptune : on y constate, aux dates voulues, deux jarrets successifs très caractérisés ([5]).

CHALEUR. — *Nouvelle solution du problème du mur plan indéfini, soumis, sur ses deux faces, à des variations périodiques de température.* Note ([1]) de M. **Hippolyte Parodi**, présentée par M. Albert Caquot.

Le flux de chaleur P et la température θ sont liés par les deux relations

$$P + K\frac{\partial\theta}{\partial x} = 0 \qquad \text{et} \qquad \frac{\partial P}{\partial x} + \gamma\frac{\partial\theta}{\partial t} = 0.$$

Ces relations ne sont que des cas particuliers des relations électriques classiques conduisant à l'équation des télégraphistes. Nous appliquerons, pour la solution des équations de la chaleur, une méthode dérivant de celle déjà exposée antérieurement ([2])

$$\theta = \sin\omega t\,[U_1 + U_2 + \ldots] + \cos\omega t\,[V_1 + V_2 + \ldots],$$
$$P = \sin\omega t\,[u_1 + u_2 + \ldots] + \cos\omega t\,[v_1 + v_2 + \ldots],$$

$$P + K\frac{\partial\theta}{\partial t} = \left\{\begin{array}{l} \sin\omega t\left[(u_1 + u_2 + \ldots) + K\left(\dfrac{\partial U_1}{\partial x} + \dfrac{\partial U_2}{\partial x} + \ldots\right)\right] \\ \cos\omega t\left[(v_1 + v_2 + \ldots) + K\left(\dfrac{\partial V_1}{\partial x} + \dfrac{\partial V_2}{\partial x} + \ldots\right)\right] \end{array}\right\} = 0,$$

$$\frac{\partial P}{\partial x} + \gamma\frac{\partial\theta}{\partial x} = \left\{\begin{array}{l} \sin\omega t\left[\left(\dfrac{\partial u_1}{\partial x} + \dfrac{\partial u_2}{\partial x} + \ldots\right) - \gamma\omega\,(V_1 + V_2 + \ldots)\right] \\ \cos\omega t\left[\left(\dfrac{\partial v_1}{\partial x} + \dfrac{\partial v_2}{\partial x} + \ldots\right) + \gamma\omega\,(U_1 + U_2 + \ldots)\right] \end{array}\right\} = 0.$$

Pour que ces relations soient satisfaites quel que soit t, il faut annuler les coefficients de $\sin\omega t$ et $\cos\omega t$ dans chacune des équations écrites et l'on obtient les quatre relations suivantes :

$$u_1 + u_2 + \ldots + K\left(\frac{\partial U_1}{\partial x} + \frac{\partial U_2}{\partial x} + \ldots\right) = 0, \qquad v_1 + v_2 + \ldots + K\left(\frac{\partial V_1}{\partial x} + \frac{\partial V_2}{\partial x} + \ldots\right) = 0,$$
$$\frac{\partial u_1}{\partial x} + \frac{\partial u_2}{\partial x} + \ldots - \gamma\omega\,(V_1 + V_2 + \ldots) = 0, \qquad \frac{\partial v_1}{\partial x} + \frac{\partial v_2}{\partial x} + \ldots + \gamma\omega\left(\frac{\partial U_1}{\partial x} + \frac{\partial U_2}{\partial x} + \ldots\right) = 0;$$

en différentiant ces équations par rapport à x, on peut éliminer les fonctions $(u_1 + u_2 + \ldots)$ et $(v_1 + v_2 + \ldots)$ de manière à ne conserver que les fonctions

([5]) Voir V. Kourganoff, *loc. cit.*, p. 285.

([1]) Séance du 16 septembre 1946.

([2]) Hippolyte Parodi, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 608; Maurice Parodi, *Journal de Physique*, **5**, 1943, p. 23.

$(U_1 + U_2 + \ldots)$ et $(V_1 + V_2 + \ldots)$

$$\left[K\frac{\partial^2 U_1}{\partial x^2}\right] + \left[K\frac{\partial^2 U_2}{\partial x^2} + \gamma\omega V_1\right] + \left[K\frac{\partial^2 U_3}{\partial x^2} + \gamma\omega V_2\right] + \ldots = 0,$$
$$\left[K\frac{\partial^2 V_1}{\partial x^2}\right] + \left[K\frac{\partial^2 V_2}{\partial x^2} - \gamma\omega U_1\right] + \left[K\frac{\partial^2 V_3}{\partial x^2} - \gamma\omega U_2\right] + \ldots = 0.$$

Ces équations seront satisfaites quand nous annulerons séparément toutes les expressions comprises dans les diverses parenthèses. Nous obtiendrons ainsi un système d'équations de récurrence permettant de trouver, de proche en proche, les fonctions $U_2, U_3, \ldots$ et $V_2, V_3, \ldots$ à partir de $U_1 = Ux$ et $V_1 = Vx$, U et V étant des constantes d'intégration. On obtient ainsi

$$\theta = \left\{ \begin{array}{l} \sin\omega t\left[U\left(x - \left(\frac{\omega\gamma}{K}\right)^2\frac{x^5}{5!} + \left(\frac{\omega\gamma}{K}\right)^4\frac{x^9}{9!} + \ldots\right) - V\left(\frac{\omega\gamma}{K}\frac{x^3}{3!} - \left(\frac{\omega\gamma}{K}\right)^3\frac{x^7}{7!} + \left(\frac{\omega\gamma}{K}\right)^5\frac{x^{11}}{11!}\ldots\right)\right], \\ \cos\omega t\left[V\left(x - \left(\frac{\omega\gamma}{K}\right)^2\frac{x^5}{5!} + \left(\frac{\omega\gamma}{K}\right)^4\frac{x^9}{9!} + \ldots\right) + U\left(\frac{\omega\gamma}{K}\frac{x^3}{3!} - \left(\frac{\omega\gamma}{K}\right)^3\frac{x^7}{7!} + \left(\frac{\omega\gamma}{K}\right)^5\frac{x^{11}}{11!}\ldots\right)\right]. \end{array}\right.$$

En posant $\xi = x\sqrt{\omega\gamma/K}$ cette relation s'écrit

$$\theta = \sqrt{\frac{K}{\omega\gamma}}\left\{ \begin{array}{l} \sin\omega t\left[U\left(\xi - \frac{\xi^5}{5!} + \frac{\xi^9}{9!}\ldots\right) - V\left(\frac{\xi^3}{3!} - \frac{\xi^7}{7!} + \frac{\xi^{11}}{11!} - \ldots\right)\right] \\ \cos\omega t\left[V\left(\xi - \frac{\xi^5}{5!} + \frac{\xi^9}{9!}\ldots\right) + U\left(\frac{\xi^3}{3!} - \frac{\xi^7}{7!} + \frac{\xi^{11}}{11!} - \ldots\right)\right] \end{array}\right\}.$$

Les expressions en ξ figurant dans ces relations peuvent être calculées simplement en remarquant que, si on appelle h_1, h_2, h_3, h_4 les quatre racines de l'équation $h^4 = -1$, nous pourrons écrire quatre équations analogues à la suivante :

$$e^{h_1\xi} = 1 + h_1\frac{\xi}{1} + h_1^2\frac{\xi^2}{2!} + h_1^3\frac{\xi^3}{3!} - \frac{\xi^4}{4!} - h_1\frac{\xi^5}{5!} - h_1^2\frac{\xi^6}{6!} - h_1^3\frac{\xi^7}{7!} + \frac{\xi^8}{8!} + h_1\frac{\xi^9}{9!} + \ldots,$$

en multipliant chacune de ces expressions par h (ou par h^2, ou par h^3) et en les ajoutant nous ferons disparaître, dans chaque série de quatre termes successifs, trois termes sur quatre, les sommes $h_1^q + h_2^q + h_3^q + h_4^q$ étant toutes nulles sauf lorsque l'exposant q est multiple de quatre. On trouve ainsi

$$\xi - \frac{\xi^5}{5!} + \frac{\xi^9}{9!}\cdots = \frac{1}{\sqrt{2}}\left[-\sin\frac{\xi}{\sqrt{2}}\cosh\frac{\xi}{\sqrt{2}} + \cos\frac{\xi}{\sqrt{2}}\sinh\frac{\xi}{\sqrt{2}}\right],$$
$$\xi^3 - \frac{\xi^7}{7!} + \frac{\xi^{11}}{11!}\cdots = -\frac{1}{\sqrt{2}}\left[\sin\frac{\xi}{\sqrt{2}}\cosh\frac{\xi}{\sqrt{2}} + \cos\frac{\xi}{\sqrt{2}}\sinh\frac{\xi}{\sqrt{2}}\right].$$

En portant ces valeurs dans l'expression de θ et en remplaçant ξ par sa valeur $x\sqrt{\frac{\omega\gamma}{K}}$ après avoir posé $m = \sqrt{\frac{\omega\gamma}{2K}}$ on trouve

$$\theta = \frac{1}{2m}\left\{ \begin{array}{l} \sin mx \cosh mx\left[(V - U)\sin\omega t - (U + V)\cos\omega t\right] \\ + \cos mx \sinh mx\left[(U + V)\sin\omega t + (V - U)\cos\omega t\right] \end{array}\right\}.$$

La valeur du flux P se déduit de l'expression de θ en formant $P = -K\frac{\partial\theta}{\partial x}$, en remarquant que

$$\frac{d}{dx}(\sin mx \cosh mx) = m[\quad \cos mx \cosh mx + \sin mx \sinh mx],$$

$$\frac{d}{dx}(\cos mx \sinh mx) = m[-\sin mx \sinh mx + \cos mx \cosh mx],$$

$$P = K\begin{bmatrix} \sin mx \sinh mx[\quad U \sin \omega t + V \cos \omega t] \\ + \cos mx \cosh mx[-V \sin \omega t + U \cos \omega t] \end{bmatrix}.$$

Les constantes U et V peuvent être déterminées en se donnant soit la température et le flux sur une face, soit les températures sur les deux faces, soit les flux sur les deux faces. De toutes manières U et V sont obtenues par la résolution de deux équations du premier degré dont les coefficients sont définis par les valeurs des lignes trigonométriques en $x = x_1$ et $x = x_1 + \delta$.

ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES. — *Des effets d'une discontinuité de courbure sur la propagation dans les guides.* Note de M. **Marc Jouguet**.

On considère une onde $(H_{p,0})$ se propageant dans un guide à section rectangulaire, dont l'axe est courbé dans un plan perpendiculaire à la direction du champ électrique. Les coordonnées et le rayon de courbure R (quantité algébrique) sont définis comme il a été dit dans une précédente Note ([1]). On suppose que, pour $z = 0$, R passe brusquement de R_1 à R_2. Des ondes et des oscillations parasites prennent naissance dans les deux parties du guide. Elles sont toutes de la forme $(H_{n,0})$. L'amplitude de l'onde principale $(H_{p,0})$ étant prise pour unité, on désigne par A_n et B_n les amplitudes complexes, pour $z = 0$, des perturbations $(H_{n,0})$ créées respectivement dans les deux parties du guide. L'approximation étant limitée aux termes du premier ordre (en a/R), on établit les résultats suivants.

1° *Cas général d'une fréquence quelconque.* — *a.* L'onde principale $(H_{p,0})$ franchit la discontinuité sans modification d'amplitude ni de phase. Il n'y a pas d'onde $(H_{p,0})$ réfléchie ($A_p = 0$, $B_p = 1$). *b.* Les perturbations parasites, correspondant aux valeurs de n de même parité que p, ($n + p$ pair), n'existent pas. *c.* Par contre, toutes celles qui correspondent à $n + p$ impair existent, et l'on a

$$(1)\qquad \frac{A_n}{B_n} = \frac{2a}{\pi^2 k_{zn}}\left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right)\frac{np}{(n^2 - p^2)^2}[k_{zp}(4x^2 - 3n^2 - p^2) \mp k_{zn}(4x^2 - n^2 - 3p^2)],$$

formule où $x = 2a/\lambda$ (λ longueur d'onde en espace libre) et où

$$(2)\qquad k_{zn} = \frac{\pi}{a}\sqrt{x^2 - n^2} \qquad \text{ou} \qquad -i\frac{\pi}{a}\sqrt{n^2 - x^2}$$

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 380.

suivant le signe de $x - n$. Pour $n < x$, on a des ondes parasites se propageant dans le même sens que l'onde principale dans la partie $z > 0$, en sens inverse dans la partie $z < 0$. Pour $n > x$, on a des oscillations partout en phase, avec amplitude décroissant en fonction exponentielle de z, quand on s'éloigne du plan $z = 0$, et qui jouent un rôle analogue à celui de l'onde évanescente dans la réflexion totale. Les perturbations correspondant à $n < p$ sont toujours des ondes. Pour $n > p$, les ondes parasites sont d'autant plus nombreuses que la fréquence est plus élevée. La seule onde qui ne donne aucune onde parasite, donc aucune perte d'énergie, est l'onde $(H_{1,0})$, à condition que $x < 2$. Ce sont toujours les perturbations $n = p \pm 1$ qui sont les plus importantes. Les ondes réfléchies sont toujours beaucoup moins importantes que les ondes parasites transmises de même n.

2° *Cas particulier où la fréquence est très voisine de la fréquence de coupure de l'onde* $(H_{q,0})$, *$q + p$ étant impair.* — On supposera $R_1 = \infty$ et $x = q$.

a. Il y a réflexion partielle de l'onde principale et diminution de son amplitude, au passage de la discontinuité.

b. Les perturbations $(H_{q,0})$ sont excitées avec une amplitude finie. On a

$$A_q = B_q = \frac{8}{\pi} \frac{qp}{(q^2 - p^2)^{\frac{3}{2}}}. \tag{3}$$

c. Toutes les perturbations correspondant à $n + p$ pair sont excitées et l'on a

$$A_n = -B_n = \frac{16}{\pi^3} \frac{a}{R} \frac{npq^2}{(n^2 - q^2)^2 (q^2 - p^2)^{\frac{3}{2}}}. \tag{4}$$

Cette formule donne, en particulier, l'amplitude A_p de l'onde $(H_{p,0})$ réfléchie et l'amplitude $1 - A_p$ de l'onde transmise.

d. Pour $n + p$ impair, les formules (1) restent valables.

On peut définir et calculer un *facteur de perte*, rapport entre l'énergie emportée par les ondes parasites et l'énergie transportée par $(H_{p,0})$. Ce facteur subit, aux environs de la fréquence de coupure de $(H_{q,0})$ une augmentation brusque due à l'excitation anormale de ces ondes.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'émission froide des surfaces métalliques planes.* Note (1) de M. **François Bertein**, présentée par M. Camille Gutton.

Soit une surface métallique macroscopiquement plane S, placée dans un champ électrique uniforme perpendiculaire E, ce champ ayant un sens tel qu'il provoque l'émission d'électrons lorsqu'il atteint une valeur suffisante. Nous désignons par F la valeur du champ en un point quelconque de S, valeur

(1) Séance du 16 septembre 1946.

qui diffère de E ainsi qu'il est connu, en raison des irrégularités microscopiques de S. Nous nous proposons de comparer le courant I d'émission froide de S à celui I_0 de la surface géométriquement plane S_0 obtenue en projetant S sur son plan moyen. Nous envisagerons, dans ce but, les deux cas extrêmes qui suivent; nous les traiterons à partir de la formule de Fowler et Nordheim,

$$j = AF^2 e^{-\frac{B}{F}},$$

dans laquelle j est la densité de courant émis, A et B des constantes caractéristiques du métal.

1. *Surfaces « presque planes »*. — Nous entendons par cette expression les surfaces dont la pente $p = \operatorname{tg}\alpha$ est faible en tout point et les rayons de courbure grands vis-à-vis de la cote rapportée à S_0.

Les surfaces polies électrolytiquement et le mercure en sont des exemples. Nous pouvons écrire, en tout point de S, $F = E(1+\varepsilon)$, ε étant un infiniment petit, fonction du point.

Évaluons les valeurs moyennes sur S, de ε et ε^2, notées $\bar{\varepsilon}$ et $\overline{\varepsilon^2}$ (de façon générale, la notation *valeur moyenne* sera obtenue en surlignant la grandeur). S et S_0 désigneront les aires des surfaces elles-mêmes.

$\bar{\varepsilon}$ s'obtient en exprimant que le flux électrique traversant S est le même que si S était géométriquement plane et confondue avec S_0,

$$\int_s F\,ds = ES_0 \qquad \text{ou} \qquad E(1+\bar{\varepsilon})S = ES_0, \qquad \text{d'où} \quad \bar{\varepsilon} = -\frac{S-S_0}{S},$$

ou, si nous faisons intervenir la pente p,

$$(1) \qquad \bar{\varepsilon} = -\frac{\overline{p^2}}{2}.$$

On s'explique cette valeur du deuxième ordre en remarquant que ε est tantôt positif, tantôt négatif, de sorte que sa valeur moyenne est nulle au premier ordre.

Nous obtiendrons $\overline{\varepsilon^2}$ en écrivant que la force s'exerçant sur S, en vertu de la pression électrostatique classique, est également la même que si S était confondue avec S_0,

$$\int_s F^2 \cos\alpha\,ds = E^2 S_0, \qquad \text{c'est-à-dire} \quad E^2\overline{(1+\varepsilon)^2\left(1-\frac{p^2}{2}\right)}S = E^2 S_0,$$

d'où l'on tire, en tenant compte de (1),

$$(2) \qquad \overline{\varepsilon^2} = 2\frac{S-S_0}{S} = \overline{p^2}.$$

Calculons maintenant le courant total émis; la densité de courant s'écrit, en développant jusqu'au deuxième ordre en ε,

$$j = AF^2 e^{-\frac{B}{F}} = AE^2 e^{-\frac{B}{E}}\left[1 + \varepsilon\left(2+\frac{B}{E}\right) + \varepsilon^2\left(1+\frac{B}{E}+\frac{B^2}{2E^2}\right)\right].$$

Si nous observons que B/E est très supérieur à 1 comme l'application numérique le montrera, nous pouvons limiter les parenthèses à leur partie principale, de sorte que le courant total émis est

$$I=\int_s j\,ds = AE^2 e^{-\frac{B}{E}}\int_s\left(1+\frac{B}{E}\varepsilon+\frac{B^2}{2E^2}\varepsilon^2\right)ds.$$

c'est-à-dire en introduisant les valeurs moyennes

$$I=I_0\frac{S}{S_0}\left(1+\frac{B}{E}\bar{\varepsilon}+\frac{B^2}{2E^2}\overline{\varepsilon^2}\right)=I_0\left(1+\frac{B}{E}\bar{\varepsilon}+\frac{B^2}{2E^2}\overline{\varepsilon^2}+\frac{S-S_0}{S_0}\right).$$

Cette égalité s'écrit, en vertu de (1) et (2) et en négligeant encore B/E devant B^2/E^2,

(3) $$I=I_0\left(1+\frac{B^2}{2E^2}\overline{p^2}\right).$$

L'écart relatif est en général notable bien qu'il diminue quand le champ augmente. Appliquons par exemple, au cas du tungstène; on connaît la constante $B=6,5.10^8$ V/cm ([2]); si l'on se place dans un champ $E=10^6$ V/cm, valeur qu'il pourra être difficile d'atteindre sans que la surface ne *claque*, (3) montre que $I=2I_0$ si p^2 est seulement de l'ordre de 1/500. Il faudrait tenir compte des termes d'ordre supérieur mais il est facile de s'assurer qu'ils sont de signes positifs, donc majoreraient encore l'écart existant entre I et I_0. I sera toujours sensiblement différent de I_0. Si l'on veut déterminer A et B à l'aide de la caractéristique expérimentale du courant en fonction de E, l'évaluation de A sera entachée d'une grosse erreur par excès, mais non celle de B, car cette dernière s'obtiendrait à l'aide de la pente de la courbe et cette pente est pratiquement la même pour I et I_0.

2. *Surfaces rugueuses à l'échelle microscopique.* — Nous trouvons dans cette rubrique les surfaces polies ordinaires.

Envisageons d'abord le cas d'une saillie unique en forme de paraboloïde de révolution P, de rayon de courbure R au sommet. Les surfaces équipotentielles correspondantes sont des paraboloïdes homofocaux, ce qui permet d'obtenir la loi du champ superficiel et par suite le courant d'émission froide de P, F_1 étant le champ au sommet,

(4) $$I=\int_S AF^2 e^{-\frac{B}{F}}ds = 2\pi R^2\frac{A}{B}F_1^3 e^{-\frac{B}{F_1}}.$$

Imaginons que P soit la seule aspérité présentée par S; on a $F_1=\beta E$, β étant un facteur qui est bien supérieur à 1. Avec les champs E réalisables, l'émission de S est localisée sur P et donnée sensiblement par (4).

L'expérience ne peut, ici même, plus fournir la valeur de B, car la pente de la caractéristique est sensiblement celle de la courbe $I=A'F_1^2e^{-B/F_1}=A''E^2e^{-B/\beta E}$ et l'on ne pourra déterminer que $B/\beta \ll B$.

([2]) HAEFER, *Zeits. Physik*, 116, 1940, p. 604.

Ce résultat doit subsister dans son principe pour les surfaces présentant des aspérités quelconques : les études d'émission froide pourraient être conjuguées avec certaines méthodes optiques, l'étude de la lumière diffusée par exemple, en vue de la détermination de la structure microscopique ou submicroscopique de la surface d'un métal.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Azéotropes binaires orthobares contenant un halogénure d'alcoyle.* Note (¹) de M. **Maurice Lecat.**

Par leurs propriétés physiques, les bromures se rangent, en général, entre les chlorures et les iodures. Les azéotropes formés avec un corps d'autre fonction chimique font exception, les chlorures étant alors le moyen terme. Pour une même distance Δ des points d'ébullition des constituants, les abaissements δ satisfont aux relations

$$\delta(\mathrm{I}) > \delta(\mathrm{Cl}) > \delta(\mathrm{Br}). \tag{1}$$

Pour les halogénures d'alcoyle, cela ressort du tableau ci-après qui consigne, à titre d'exemples, 20 couples d'azéotropes. Dans chaque couple un même corps A, acide, alcool (monol), cétone, ester, nitrométhane ou sulfure de carbone, est apparié à deux monohalogénures B, savoir : bromure et iodure, aux n^os [1]-[26], bromure et chlorure, aux n^os [27]-[36], enfin, chlorure et iodure, aux n^os [37]-[40].

Si p désigne un numéro d'ordre pair, on constate que $\delta_p > \delta_{p-1}$, bien qu'aussi $\Delta_p > \Delta_{p-1}$, ce qui établit (1), par une raison *a fortiori*, car pour $\Delta_p = \Delta_{p-1}$ la différence $\delta_p - \delta_{p-1}$ serait accrue.

On consigne (col. 1) les valeurs de $\Delta_p - \Delta_{p-1}$ et de $\delta_p - \delta_{p-1}$. Dans [1]-[26], $\delta_p - \delta_{p-1}$ oscille autour de 0,48, entre 0,2 et 0,7; dans [27]-[36], autour de 0, 22, entre 0,1 et 0,6; dans [37]-[40], la moyenne est 0,2.

Voici près de vingt ans, diverses courbes δ ont été assignées à l'*ensemble* des halogénures (²), approximation certes très bonne pour les chlorures, mais pour les iodures et pour les bromures ce qui précède invite à envisager des courbes δ *spéciales*. Δ étant nul, la différence $\delta_0(\mathrm{I}) - \delta_0(\mathrm{Br})$ semble atteindre, par exemple, 0,6 pour l'éthanoïque et les monols en C_1 ou C_2, et non moins de 0,7 ou 0,8 pour les monols en C_3 ou C_4.

Pour l'*effet thermique de mixtion* de AB, les bromures se situent normalement : $M(\mathrm{I}) > M(\mathrm{Br}) > M(\mathrm{Cl})$. Cela ressort de la colonne 8, où $x : t$ signifie que la mixtion de x % de A à $100 - x$ de B refroidit de $t°$.

(¹) Séance du 9 septembre 1946.

(²) Cf. *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 816 etc.

A, $\Delta_p - \Delta_{o-1}$, $\delta_p - \delta_{p-1}$.	B	É A.	É B.	Δ	É az.	δ	M	
Éthanoïque	Br. d'isobutyle.....	118,1	91,4	26,7	89,5	1,9	20:1,6	[1]
» 1,95 ; 0,35	Iod. d'isopropyle...	»	89,45	28,65	87,2	2,25	20:2,2	[2]
Éthanoïque	Br. d'isoamyle.....	118,1	120,65	2,55	108,65	9,45	50:2,4	[3]
» 0,15 ; 0,45	Iod. d'isobutyle....	»	120,8	2,7	108,2	9,9	50:3,5	[4]
Méthanol	Br. de propyle.....	64,65	71,0	6,35	54,6	10,05	30:3,8	[5]
» 1,3 ; 0,2	Iod. d'éthyle.......	»	72,3	7,65	54,4	10,25	30:4,5	[6]
Éthanol	Br. de butyle......	78,3	101,5	23,2	75,3	3,0	25:3,6	[7]
» 0,9 ; 0,4	Iod. de propyle....	»	102,4	24,1	74,9	3,4	25:4,0	[8]
Éthanol	Br. d'isoamyle.....	78,3	120,65	42,35	77,7	0,6	25:3,5	[9]
» 0,15 ; 0,3	Iod. d'isobutyle....	»	120,8	42,5	77,4	0,9	25:3,6	[10]
Propanol-2	Br. de butyle......	82,4	101,5	19,1	79,6	2,8	50:3,2	[11]
» 0,9 ; 0,4	Iod. de propyle....	»	102,4	20,0	79,2	3,2	50:4,5	[12]
Triméthylcarbinol	Br. butyle 3re......	82,45	73,25	9,2	69,95	3,3	–	[13]
» 0,95 ; 0,5	Iod. d'éthyle.......	»	72,3	10,15	68,5	3,8	–	[14]
Alcool allylique	Br. d'isoamyle.....	96,85	120,65	23,8	94,4	2,45	50:3,0	[15]
» 0,15 ; 0,6	Iod. d'isobutyle....	»	120,8	23,95	93,8	3,05	50:4,0	[16]
Propanol-1	Br. d'isoamyle.....	97,2	120,65	23,45	95,35	1,85	50:2,5	[17]
» 0,15 ; 0,65	Iod. d'isobutyle....	»	120,8	23,6	94,7	2,5	50:3,3	[18]
Isobutanol	Br. d'isoamyle.....	108,0	120,65	12,65	104,55	3,45	40:3,5	[19]
» 0,15 ; 0,7	Iod. d'isobutyle....	»	120,8	12,8	103,85	4,15	40:4,3	[20]
Butanol-1	Br. d'isoamyle.....	117,8	120,65	2,85	110,6	7,2	30:3,0	[21]
» 0,15 ; 0,6	Iod. d'isobutyle....	»	120,8	3,0	110,0	7,8	30:3,8	[22]
Acétone	Br. de propyle.....	56,15	71,0	14,85	56,13	0,02	50:1,7	[23]
» 1,3 ; 0,53	Iod. d'éthyle......	»	72,3	16,15	55,6	0,55	50:3,5	[24]
Borate méthyle	Br. de propyle.....	68,7	71,0	2,3	68,0	0,7	50:1,2	[25]
» 1,3 ; 0,5	Iod. d'éthyle......	»	72,3	3,6	67,5	1,2	50:2,5	[26]
Propanol-2	Br. de propyle.....	82,4	71,0	11,4	66,75	4,25	20:4,8	[27]
» 2,15 ; 0,15	Chl. d'isobutyle....	»	68,85	13,55	64,45	4,4	20:3,6	[28]
Alcool allylique	Br. de propyle.....	96,85	71,0	25,85	69,3	1,7	20:4,7	[29]
» 2,15 ; 0,15	Chl. d'isobutyle....	»	68,85	28,0	67,0	1,85	20:3,5	[30]
Propanol-1	Br. de propyle.....	97,2	71,0	26,2	69,8	1,2	10:3,5	[31]
» 2,15 ; 0,1	Chl. d'isobutyle....	»	68,85	28,35	67,55	1,3	10:2,1	[32]
Nitrométhane	Br. de propyle.....	101,2	71,0	30,2	70,6	0,4	10:3,1	[33]
» 2,15 ; 0,1	Chl. d'isobutyle....	»	68,85	32,35	68,35	0,5	10:3,0	[34]
Sulfure carbone	Br. d'éthyle.......	46,25	38,4	7,85	37,8	0,6	50:4,5	[35]
» 3,5 ; 0,6	Chl. d'isopropyle...	»	34,9	11,35	33,7	1,2	50:4,0	[36]
Éthanol	Chl. de propyle....	78,3	46,65	31,65	44,95	1,7	20:4,2	[37]
» 4,15 ; 0,1	Iod. de méthyle....	»	42,5	35,8	40,7	1,8	20:6,5	[38]
Formiate éthyle	Chl. de propyle....	54,15	46,65	7,5	46,25	0,4	20:0,8	[39]
» 4,15 ; 0,3	Iod. de méthyle....	»	42,5	11,65	41,8	0,7	20:2,8	[40]

CHIMIE ORGANIQUE. — *Obtention d'un dl-époxy-2.6 heptane méthylol-3, isomère aa.* Note de M. **Marius Badoche**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'hydrogénation de l'époxy-2.6 heptène-3 méthylal-3, $C_8H_{12}O_2$, dimère de l'aldéhyde crotonique, par l'hydrogène en présence de catalyseur, en vue de

passer à l'alcool correspondant, saturé ou non, avait été déjà réalisée, d'une part, par M. R. Douris ([1]) à l'aide du nickel Sabatier à 175°, et d'autre part, par M. Delépine et A. Horeau ([2]) au moyen du nickel Raney à la température ordinaire. Au premier abord, il apparaît que l'emploi de l'une ou de l'autre des techniques provoque une réaction complexe. C'est ainsi qu'en soumettant à l'hydrogénation un échantillon d'aldéhyde, $C_8H_{12}O_2$, $É_{13}$ 81°-83°; n_D^{16} 1,4860, dissous dans son poids de méthanol tenant en suspension le tiers de son poids de nickel Raney, platiné ou non, on obtient un liquide qui distille graduellement de 115° sous la pression atmosphérique à 78° sous 2^{mm}; ce qui en montre la complexité. En fractionnant ce liquide sous pression uniforme, on constate que la presque totalité, 95 %, distille à partir de 60° sous 12^{mm}, 70 % environ bouillant au voisinage de 100°. L'acétylation du mélange, suivant la technique de Delaby, donne un indice voisin de 95 % calculé pour un alcool, $C_8H_{16}O_2$, c'est-à-dire résultant de l'hydrogénation normale de l'aldéhyde éthylénique. La distillation s'étalant sur plusieurs degrés, il y avait tout lieu de supposer qu'on se trouvait en présence d'isomères d'ailleurs prévus par la théorie; dès lors leur séparation la plus sûre consistait en l'obtention de combinaisons cristallisées plus faciles à purifier. A vrai dire, l'opération n'était pas encourageante à la suite de diverses tentatives, toutes infructueuses, mentionnées par R. Douris. Néanmoins, après quelques tâtonnements, la fraction $É_{12}$ 97°-103°, chauffée une vingtaine d'heures avec une quantité équimoléculaire d'anhydride phtalique, fournit abondamment un phtalate acide cristallisé, tandis que les liquides bouillant différemment ne donnent pas, ou ne donnent que peu de corps cristallisé. C'est l'alcool issu de ce phtalate qui va être étudié ici.

Phtalate acide, $C_{16}H_{20}O_5$. — Le produit brut issu de la phtalisation est attaqué au carbonate de sodium en solution à 4 % en présence d'éther pour enlever les rares produits neutres; de la solution aqueuse acidifiée par l'acide chlorhydrique, le phtalate est extrait au chloroforme. Il est ensuite recristallisé dans le mélange benzène-ligroïne; les cristaux récoltés fondent à 146° (fus. inst.) après élimination du solvant de cristallisation; la perte de poids, après chauffage d'une heure dans le vide à 80°, a été de 6,2 %, calculé pour 1/4 C_6H_6, 5,98. Pour le produit privé de benzène : trouvé % C 65,64; H 6,74 au lieu de 65,71 et 6,90; P. M., 290, par titrage à la baryte, calculé 292. Le rendement en produit pur est de 50 %, le reste constituant une sorte de vernis.

Régénération de l'alcool, $C_8H_{16}O_2$. — Le phtalate dissous dans son poids de méthanol est chauffé 45 minutes au bain-marie avec un excès de 25 % de soude 2 *n*. L'alcool distillé, avec un rendement de 97 %, est un liquide visqueux,

---

([1]) Thèse de Doctorat ès-Sciences, Paris, 1913, p. 61.
([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 47.

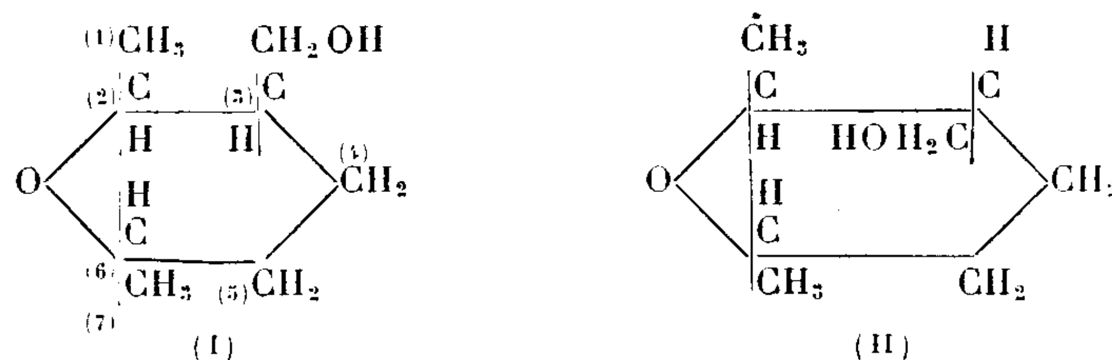
$É_{12}$ 97°; $É_2$ 66°; n_D^{16} 1,4638; D_4^0 1,0097; D_4^{20} 0,9949; R. M. 39,83 au lieu de 40,11 calculé; C % 65,40; H % 11,32; calculé 66,61 et 11,18.

En possession des constantes de ce nouvel alcool, il devenait plus facile de le séparer directement par distillation du mélange initial. C'est en effet, ce que j'ai réalisé avec une colonne Vigreux de 10^cm de long; l'alcool distillant à point fixe atteint 60 % environ du mélange initial.

p.Xénylcarbamate, $C_{21}H_{25}O_3N$. — Facilement soluble dans le benzène et l'éther, cet uréthane cristallise de ses solutions par addition de ligroïne, F 109°; N % 4,08; calculé 4,12.

Dinitro-3.5 *benzoate*, $C_{15}H_{18}O_7N_2$. — Cristallisé dans l'éther ou le méthanol, cet ester se présente en paillettes, analogues à celles de l'acide borique, F 112°; N % 8,36; calculé 8,28.

Oxydation de l'alcool. Obtention de l'acide époxy-2.6 *heptane carboxylique*-3, *aa*. — L'oxydation de l'alcool, $C_8H_{16}O_2$, par le bichromate de potassium et l'acide sulfurique à froid, fournit, à côté de produits neutres, 60 % d'acide F 92°, identifié par le point de fusion du mélange avec l'acide époxy-2.6 heptane carboxylique-3 déjà décrit comme isomère *aa*. En conséquence, il est donc vraisemblable d'admettre que l'alcool qui lui a donné naissance avait lui-



même la constitution de l'acide, c'est-à-dire celle correspondant aux schémas (I) ou (II), avec les deux méthyles en *trans* d'après le travail de M. Delépine et G. Amiard ([3]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du chlorure de sulfuryle sur les acides oléique et stéarique.* Note de MM. **Félix Bouquet** et **Charles Paquot**, présentée par M. Marcel Delépine.

De nombreux auteurs ont montré que les chlorures d'acides organiques sont susceptibles, sous l'influence de catalyseurs tels que Cl_3Al et Cl_4Sn, de se fixer, d'une part, sur les dérivés de la série aromatique pour donner des cétones et, d'autre part, sur les dérivés de la série oléfinique pour donner des cétones chlorées, à partir desquelles il est facile de passer aux cétones éthyléniques. Bien que le mécanisme des réactions soit différent, on obtient dans les deux

([3]) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 309.

séries des composés similaires. [Darzens ([1]), Nenitzescu et collab. ([2]), Colonge et collab. ([3]) ont, en particulier, étudié ces réactions.]

Le phosgène peut réagir suivant un mécanisme analogue pour donner des carboxychlorures ([4]). Le chlorure de sulfuryle peut lui aussi, en série aromatique, se fixer sur le noyau et donner des sulfochlorures. Nous avons recherché si, dans certaines conditions, on pourrait en série oléfinique réaliser l'addition de chlorure de sulfuryle sur la double liaison, bien qu'en général ce réactif se comporte en fixant du chlore, avec dégagement d'anhydride sulfureux. Nous n'avons pas échappé à cette règle.

Action du chlorure de sulfuryle sur l'oléate de méthyle. — Quand on ajoute peu à peu le chlorure de sulfuryle à l'oléate de méthyle, par exemple, on constate qu'une vive réaction a lieu dès l'arrivée du chlorure dans l'oléate; il se dégage un mélange de ClH, SO_2, et de dérivés méthylés. Après saponification à froid, et libération des acides gras, on isole l'acide dichloro-9.10 stéarique. Si l'on a au préalable refroidi les réactifs dans un mélange réfrigérant à — 10°, la réaction n'a pas lieu immédiatement, mais elle se déclenche peu à peu et aboutit au même résultat. Il en est de même si l'on opère en présence d'un solvant (éther ou tétrachlorure de carbone) pour modérer la réaction.

On ajoute peu à peu à 14g,8 (1/20 M) d'oléate de méthyle, 13g,5 (1/10 M) de chlorure de sulfuryle. On laisse le dégagement gazeux se terminer avant une nouvelle addition. Enfin on termine la réaction par un chauffage de quelques minutes au bain-marie. Par saponification à froid du chlorure de l'acide dichlorostéarique ainsi formé puis déplacement à l'acide chlorhydrique, on recueille l'acide dichloro-9.10 stéarique $C_{18}H_{34}Cl_2O_2$.

Dosages de chlore. — Par saponification à froid du chlorure d'acide dichlorostéarique par KOH alcoolique : tr. 9,7 %, calc. 9,42 % (selon Charpentier et Volhard); chlore total : tr. 28,9 %, au lieu de 28,5 pour $C_{17}H_{33}Cl_2.COCl$.

Si l'on effectue la réaction en présence d'un catalyseur tel que Cl_3Al, on obtient finalement une importante masse goudronneuse, dont il est très difficile d'isoler des produits définis, car on se trouve surtout en présence de produits de polymérisation. Avec ce même catalyseur, mais en présence de solvant pour modérer la violence de la réaction, il ne semble pas que le catalyseur joue un rôle, car nous avons finalement retrouvé l'acide dichloro-9.10 stéarique.

(1) *Comptes rendus*, **150**, 1910, p. 707.
(2) *Ann.*, 519, 1939, p. 260; *Ber. d. chem. Ges.*, **72**, 1939, p. 819.
(3) *Bull. Soc. Chim.*, **7**, 1940, p. 459.
(4) Pace, *Gazz. Chim. Ital.*, **59**, 1929, p. 578.

Action du chlorure de sulfuryle sur l'acide stéarique. — Kharash ([5]) a montré d'autre part que les acides saturés sont attaqués par le chlorure de sulfuryle en présence de pyridine comme catalyseur, en donnant des anhydrides internes pour les termes inférieurs et des sulfochlorures acides pour les termes supérieurs. Nous avons constaté en effet qu'il en était ainsi pour l'acide stéarique, et qu'il en était de même pour l'acide dichloro-9.10 stéarique obtenu par une première action de SO_2Cl_2, sans qu'il nous soit possible de préciser la position du groupement soufré dans la molécule. Dans les deux cas, on obtient, après saponification, des produits soufrés hautement solubles dans l'eau, ayant un fort pouvoir moussant.

OCÉANOGRAPHIE. — *Les sables de l'*Aber (*Roscoff*) *et leur milieu intérieur.* Note de M. **Claude Francis-Bœuf**, présentée par M. Charles Pérez.

A proximité de la Station biologique de Roscoff se trouve une anse naturelle, d'une surface d'environ 2000^{m^2}, désignée localement sous le nom d'*Aber*. Cette petite baie découvre entièrement à basse mer et est alors parcourue par un petit ruisseau dont le débit d'eau douce est excessivement faible en été. Les sédiments qui constituent l'*Aber* sont essentiellement sableux. Leur épaisseur dépasse rarement 50^{cm}. J. Bourcart ([1]) a signalé que le substratum de ces sables est généralement formé par de l'argile bleue. Plus de 50 sondages, effectués en été, m'ont montré la réalité et la continuité de ce substratum, qui, pourtant, fait place, dans les zones marginales de l'*Aber*, à un limon ocre ou parfois à de la tourbe.

En coupe verticale, le revêtement sableux se présente ainsi :

1° sable jaune fin, quartzeux, 1 à 2^{cm} d'épaisseur (surface);

2° sable noir fin, quartzeux (dégageant souvent une odeur de H_2S) 10 à 30^{cm} d'épaisseur;

3° sable grossier, coquiller gris, 10 à 20^{cm} d'épaisseur;

4° substratum : argile bleue ou limon ocre ou tourbe.

La teneur en eau de ces sables est d'environ 20 % pour les sables grossiers et de 25 à 30 % pour les sables fins, noirs ou jaunes.

Ces sédiments sont peuplés d'une nombreuse faune annélidienne et d'une microflore et microfaune abondante (J. Bourcart et C. Francis-Bœuf) ([2]). C'est

---

([5]) Karash et collab., *J. amer. chem. Soc.*, 62, 1940, p. 2293.

([1]) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 357.

([2]) *Ibid.*, 209, 1939, p. 568.

pourquoi il paraissait intéressant de chercher à déterminer certains facteurs physicochimiques du milieu intérieur (eau d'imbibition).

Dans ce but, des trous ont été creusés jusqu'au niveau du substratum imperméable. Sur le terrain, l'échantillon d'eau était rapidement filtré et l'oxygène dissous (Winkler-Nicloux) et la concentration en sels (dosage des chlorures au nitrate d'argent) y étaient déterminés. Corrélativement, et à titre de comparaison, des prélèvements ont été effectués dans le milieu extérieur (eau de mer, du ruisseau, des flaques).

Les résultats de ces mesures sont les suivants :

Station 31 (par le travers du sanatorium et de l'Institut marin, sur la rive gauche et à 10^m environ du ruisseau; 31 août 1946 : temps clair, ensoleillé, HM a 8^{h}35^m coeff. 80, BM à 15^h, coeff. 16).

Station 18 (à 800^m au nord de l'Annexe du Sanatorium, 50^m à l'ouest du ruisseau; 13 septembre 1946; temps clair, ensoleillé; HM à 19^{h}20, coeff. 100; BM à 13^{h}10; coeff. 8).

	Milieu int.		Ruisseau.		Eau de mer.	
Heures.	C (‰).	O_2 (mg/l).	C (‰).	O_2 (mg/l).	C (‰).	O_2 (mg/l).
			Station 31.			
13,50......	34,23	3,75	–	–	–	–
14,15......	–	–	32,76	7,67	–	–
14,30......	–	–	–	–	33,34	8,32
15,00......	34,51	4,57	–	–	–	–
15,15......	–	–	32,76	8,16	–	–
15,55......	33,93	3,59	–	–	–	–
16,15......	–	–	30,42	8,16	–	–
17,00......	35,10	4,24	–	–	–	–
17,15......	–	–	31,59	7,51	–	–
17,20......	–	–	–	–	34,51	9,46
			Station 18.			
12,15......	–	–	29,25	9,30	–	–
12,25......	34,80	3,26	–	–	–	–
13,25......	35,68	3,10	–	–	–	–
14,15......	35,97	3,10	–	–	–	–
15,15......	35,39	2,77	–	–	–	–
16,10......	–	–	29,54	8,49	–	–
16,15......	35,10	3,75	–	–	–	–
16,30......	–	–	–	–	36,27	8,49

Le 6 septembre 1946, HM à 14^h (coeff. 71), BM à 20^{h}30 (coeff. 37), coupe transversale :

Stations	1.	2.	3.	4.	5.	Eau de mer.	Eau du ruisseau.
Heures	17,30	17,45	18,00	18,15	18,45	19,15	18,00
Chlorures (°/₀₀)	32,76	33,93	35,10	35,10	40,36	32,76	23,98
Oxygène (mg/l)	4,40	4,89	2,93	3,26	3,59	8,16	9,46

Le 5 septembre 1946, HM à 12h30 (coeff. 68), BM à 19h10 (coeff. 40), coupe transversale :

Stations	40.	39.	38.	37.	Eau de mer.
Heures	18,45	19,00	19,20	19,30	19,15
Chlorures (°/₀₀)	32,76	34,51	34,51	35,68	29,70
Oxygène (mg/l)	4,71	4,89	3,91	4,89	8,16

En certaines zones de l'*Aber*, demeurent, pendant le temps où la mer s'est retirée, des flaques d'eau généralement limitées par des *ripple-marks* plus ou moins détruits. Dans ces petites flaques, très nombreuses en la station 18, le sable superficiel paraît très floconneux et jaune clair (pullulation de Diatomées et traînées de Bactéries pourpres). L'oxygène dissous et la concentration en sels a été dosée dans l'eau de ces flaques (5 septembre 1946).

Heures	12,35.	13,35.	14,35.	15,35.	16,35.
Chlorures °/₀₀	32,62	32,67	35,10	38,90	37,44
Oxygène mg/l	8,00	7,51	8,00	7,34	10,12

Les conclusions que l'on peut tirer de ces premières mesures paraissent être les suivantes :

1. Il semble que la concentration en sels du milieu intérieur soit, en général, plus forte que celle du milieu extérieur (eau de mer ou eau du ruisseau). Ce phénomène a déjà été signalé dans le cas des sédiments d'estuaire ([3]).

2. La concentration en sels de l'eau des flaques résiduelles s'élève à mesure que le temps d'insolation augmente (évaporation).

3. En une même station, il est difficile de déceler une variation régulière de la teneur en oxygène ou de la concentration en sels du milieu intérieur des sables. Les stations successives, à un même moment approximatif, révèlent des variations notables. Il est donc raisonnable pour l'instant, de s'en tenir à ce résultat essentiel : *le milieu intérieur des sables de l'*Aber *est en moyenne deux fois moins oxygéné que le milieu extérieur.*

([3]) A. C. Reid, *J. Mar. Biol. Plymouth*, **16**, 1930, p. 109, et **18**, 1932, p. 299 ; Alexander Southgate et Bassindale, *J. Mar. Biol. Plymouth*, **18**, 1932, p. 297 ; Francis-Boeuf, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 657.

ZOOLOGIE. — *Soléidés spécifiquement affectés d'une atrophie totale de l'œil migrateur.* Note de M. **Paul Chabanaud**, présentée par M. Charles Pérez.

La faune de la région Indo-Malaise possède deux espèces de la famille des *Soleidæ*, chez lesquelles, à l'âge adulte, l'œil migrateur (œil dorsal) est totalement atrophié.

Connue depuis 1881 et représentée aujourd'hui dans les collections ichthyologiques par plus d'une dizaine d'individus, l'une de ces deux espèces, *Typhlachirus lipophthalmus* (Janos), a été décrite sous plusieurs noms différents (1), successivement de la côte NW de Bornéo, du détroit de Malacca et de la côte S de l'Indochine; les fonds vaseux paraissent lui convenir de façon toute particulière. Comme la longueur totale des individus étudiés oscille entre 36 et 100^{mm} et que l'œil fixe (le seul qui subsiste) est minuscule, cet œil est passé jusqu'ici inaperçu et l'espèce est indûment réputée aveugle. Cet œil unique, extrêmement érectile, occupe la position qui lui est habituelle, au-dessus et à proximité immédiate de la commissure buccale.

La dissection d'un spécimen m'a révélé la disparition, non seulement du globe oculaire et de sa musculature, mais encore de la totalité du nerf optique. D'autre part, cette atrophie unilatérale engendre une conformation particulière du septum interorbitaire osseux, constitué par les deux frontaux. A ce niveau, le processus mésal du frontal nadiral s'écarte de son homologue zénithal; il en résulte une réduction considérable de l'orbite migratrice et la création d'une ample fenêtre interorbitaire qui, jusqu'à preuve du contraire, doit être tenue pour spéciale à l'espèce en question.

Le genre *Typhlachirus* Hardenberg est encore caractérisé par la situation de la narine exhalante zénithale, qui s'ouvre dans le sillon circumbuccal et non au-dessus de ce sillon. Ce genre renferme une autre espèce, que je nommerai *Typhlachirus monophtalmos*, nova species.

Capturé sur la côte W de Bornéo, le type unique de *Typhlachirus monophthalmos* appartient au Musée de Leyde, où il figure sous le nom impropre de *Brachirus macrolepis* Bleeker (2). Sa longueur totale est de 225^{mm}; sa longueur étalon, de 189^{mm}. Il diffère de *T. lipophthalmus* par son habitus plus régulièrement ovalaire, par sa formule actinoptérygienne (D 67, au lieu de 53-56; A 51, au lieu de 34-41; C 16, au lieu de 12), ainsi que par ses écailles, qui

(1) *Synaptura lipophtalma* Janos 1881, *Typhlachirus cœcus* Hardenberg, 1931, *Typhlachirus elongatus* Pellegrin et Chevey, 1940.

(2) Décrit et figuré par Bleeker (*Atlas Ichthyologique*, 6, 1866, p. 20, tab. 236, eff. 3), le lectotype de *Brachirus macrolepis* appartient au British Museum. Chez cette espèce, les deux yeux existent, mais ils sont étroitement juxtaposés; leur érectilité est considérable.

sont moins nombreuses (75, au lieu de *ca* 90), fortement trapézoïdales et non rectangulaires.

Sous le nom de *Synaptura sorsogonensis*, Evermann et Seale ont décrit [3], d'après plusieurs spécimens originaires des Philippines, une espèce qui est affectée d'un commencement d'atrophie de l'œil migrateur, lequel, largement séparé de l'œil fixe, n'est décelable que par transparence à travers la peau [4].

Pour tous les Pleuronectes (*Heterosomata*), le stade de la migration oculaire (métamorphose) représente une période extrêmement critique, durant laquelle la morphologie de l'animal subit un bouleversement qui aboutit à la perte, presque toujours totale, de la symétrie bilatérale. Chez tous les Soléiformes adultes, les omoptérygies, lorsqu'elles existent, ne sont jamais que des régénérats [5] et, fréquemment, seule se reconstitue, spécifiquement ou individuellement (*Achiridæ, Soleidæ*), l'omoptérygie zénithale. Que la métamorphose des *Typhlachirus* comporte l'atrophie de l'œil migrateur, le fait ne saurait donc surprendre, mais il reste à savoir dans quelle mesure cette atrophie est imputable à la fréquentation des fonds vaseux. En revanche, aucun Soléiforme n'est encore connu, qui soit réellement aveugle.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

A. Lx.

---

(3) *Bull. U. S. Bureau Fisch.*, 26, 1906 (1907), p, 106, eff. 22.

(4) N'ayant examine aucun représentant de cette espèce, je ne saurais dire s'il convient ou non de la classer dans le genre *Typhlachirus*.

(5) La découverte de la caducité des omoptérygies des *Soleidæ* est due à Biétrix (cf. Fabre-Domergue et Biétrix, *Développement de la Sole*, Paris, 1905).

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AOÛT 1946.

La précision, l'usure et la vie des bouches à feu et des armes portatives, par ION LINTES. Bucuresti. Monitorul oficial şi imprimeriile statului imprimeria nationala, 1940; 1 vol. 24cm.

Faune de France. 45. *Reptiles et Amphibiens*, par FERNAND ANGEL. Paris, Paul Lechevalier, 1946; 1 vol. 25cm (présenté par M. L. Fage).

Congrès national de l'aviation française de 1946. Sous-Section nº 41 *bis*. Application de l'aviation à la Recherche Scientifique. Rapport nº 230. *Emploi de l'aviation dans l'exploration géologique et minière. Cas particulier des pays de colonies*, par PIERRE LEGOUX. Note polycopiée, 1946; 1 fasc. 27cm.

Société d'encouragement pour l'Industrie Nationale. *La puissance économique britannique d'aujourd'hui*, par Sir ROBERT CAHILL (séance du 7 février 1946). Paris, 1946; 1 fasc. 24cm.

Id. *Les États-Unis et la France*, conférence de M. EUGÈNE HOUDRY (séance du 27 mars 1946). Paris, J. et R. Sennac, 1946; 1 fasc. 26cm,6.

Les débuts de la grande industrie chimique et la Société d'encouragement pour l'industrie nationale. Nicolas Leblanc-Chaptal. S. L. N. D. 1 fasc. 27cm.

Bulletin de l'École polytechnique de Jassy. Tome 1, fascicule 1, janvier à juin 1946. Jassy, Politechnica « gh. Asachi », 1946: 1 fasc. 25cm.

Principes de réception sous-marine dirigée, par MAURICE PARODI, Paris, 1946; 1 vol. 24 cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 SEPTEMBRE 1946.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Richard de Mises**, Professeur à l'Université Harvard, **Serge Christianovich**, Membre de l'Académie des Sciences de Moscou, **Ilia Kiebel** et **Alexis Iliouchine**, Correspondants de l'Académie des Sciences et Professeurs à l'Université de Moscou.

Notice nécrologique sur Albert Recoura, par M. **Pierre Jolibois**.

Le 21 décembre 1945, s'est éteint à La Tronche, Isère, **Albert Recoura**, professeur honoraire à la Faculté des Sciences de Grenoble et doyen honoraire à la Faculté des Sciences de Dijon.

Ancien normalien, né le 30 janvier 1862, il se dirigea, dès son agrégation, vers l'enseignement supérieur et débuta au Collège de France dans le laboratoire de Berthelot. C'est là qu'il commença sa carrière par une remarquable thèse de Doctorat intitulée : « Recherches sur les chlorures de chrome ». Un sens judicieux de la chimie minérale, joint à une habileté expérimentale remarquable, lui a permis de manier et d'étudier des corps difficiles à obtenir purs, comme le chlorure chromeux et le chlorhydrate de cette substance.

Mais ce sont surtout ses vues nouvelles, sur l'isomérie saline en chimie minérale, qui constituent le point saillant de ce travail. Albert Recoura a donné en effet le mode de préparation de deux sesquichlorures de chrome de même formule, dont les propriétés sont différentes. Poursuivant ce genre de recherches pendant toute sa vie, il a décrit, à propos d'études sur les sulfates de chrome verts ou violets, des composés entièrement nouveaux dans lesquels l'acide sulfurique est partiellement ou totalement dissimulé à ses réactifs habituels; ces substances inattendues ne sont plus des sels au sens ordinaire du terme; elles appartiennent à l'innombrable série des complexes, si étudiée depuis en France et à l'étranger. Recoura a été l'un des pionniers de ce difficile chapitre de la Chimie.

Tout en exécutant ces travaux, sa carrière administrative et universitaire se poursuivait rapidement. Tour à tour chargé de cours à Caen, à Lyon, professeur

à Dijon puis doyen de cette faculté, il retourna finir sa vie universitaire à Grenoble, sa ville natale, où il succédait en 1901 à son beau-père le doyen Raoult, l'illustre fondateur de la cryoscopie. Il continua dans cette faculté ses remarquables études dont l'exécution est un modèle de science expérimentale. On lui doit la préparation du sulfate de baryum colloïdal et du sulfate cuivreux; c'est lui qui, avec Raoult, a énoncé la loi fondamentale de la chimie physique sur laquelle est édifiée la tonométrie; il a montré également, par de fines études calorimétriques, qu'en chimie organique la série aromatique est plus stable que la série grasse.

On ne peut qu'admirer l'œuvre égale de ce savant modeste au caractère ferme et loyal, réservé malgré une bienveillance inlassable, qui chaque jour venait à son laboratoire, accomplir tout seul, sans aucune équipe, les rites méticuleux du chimiste habile. Il ne s'est pas laissé tenter par l'attrait de la capitale; il a vécu comme un sage, en produisant lentement une série de Mémoires élégants, originaux et précis, tout en préparant des leçons qui, au dire de ses auditeurs, étaient celles d'un remarquable professeur. La vie l'a durement touché; il a vu disparaître ses deux fils dont l'un mort pour la France en 1914, supportant ces épreuves avec la résignation que donne une foi sincère.

Notre Compagnie a su distinguer très vite l'œuvre de ce savant si distingué; en 1909 elle lui a attribué le prix La Caze et en 1922 elle l'a élu Correspondant en remplacement de Solvay.

On peut affirmer que son nom restera, en Chimie minérale, comme un des plus célèbres, dans le chapitre si important des complexes.

M. **Roger Heim** dépose sur le Bureau de l'Académie un fascicule intitulé *Louis Mangin et Pierre Allorge, premiers titulaires de la chaire de Cryptogamie du Muséum. Leçon inaugurale du cours de Cryptogamie prononcée le 26 mars 1946.*

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'étude des très petites structures au microscope corpusculaire.* — Note de M. **Louis de Broglie**.

Dans une Note précédente (¹), nous avons étudié la mise en mouvement d'un objet libre par l'impact des corpuscules incidents dans un microscope corpusculaire et les conséquences fâcheuses qui peuvent en résulter pour la formation de l'image. Nous voulons reprendre et compléter cette étude.

Considérons un objet de masse M placé au centre du porte-objet d'un microscope corpusculaire de demi-ouverture ε. Nous supposerons tout d'abord que cet objet est entièrement libre de se mouvoir dans le plan du porte-objet. Il est *éclairé* par des corpuscules de quantité de mouvement initiale parallèle à l'axe du microscope et égale à $p = h/\lambda$. Pratiquement l'angle ε est toujours

[1] *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1017.

très petit (1/100 à 1/1000), et l'on peut confondre $\sin\varepsilon$ avec ε. Rappelons que la distance minima de deux points de l'objet qui sont encore séparables l'un de l'autre malgré l'existence des phénomènes de diffraction est donnée par la formule

$$(1)\qquad d_{\min} = \frac{\lambda}{2\sin\varepsilon} \simeq \frac{\lambda}{2\varepsilon}.$$

Nous avons montré dans la Note précitée que, lors d'un *choc efficace*, c'est-à-dire d'un choc qui contribue à la formation de l'image en diffusant un corpuscule dans l'ouverture du microscope, l'objet peut prendre, dans le plan du porte-objet, une vitesse V_x dont la valeur maxima a une expression que la formule (1) nous permet d'écrire

$$(2)\qquad V_x^{(m)} = \frac{\varepsilon}{M} mv = \frac{\varepsilon}{M}\frac{h}{\lambda} = \frac{h}{2M}\frac{1}{d_{\min}}.$$

Pour obtenir une image nette de l'objet étendu, il faut que les divers points de cet objet diffusent dans le microscope un grand nombre de corpuscules incidents. Si $\bar{\tau}$ désigne l'intervalle de temps qui sépare en moyenne l'arrivée sur l'objet de deux corpuscules consécutifs, il est évident que le déplacement $V_x^{(m)}\bar{\tau}$ doit être très petit devant la dimension moyenne l de l'objet pour que l'image soit nette. Or, si e est la charge des corpuscules incidents et i la densité de courant dans le faisceau de ces corpuscules, $\bar{\tau}$ doit être

$$(3)\qquad V_x^{(m)}\bar{\tau} = \frac{h}{2M}\frac{1}{d_{\min}}\frac{e}{il^2} \ll l.$$

Appliquons la formule (3) au microscope électronique ou au microscope protonique pour lesquels $e = 1,6.10^{-19}$ coulomb. Pour pouvoir discerner les détails de l'objet, $d_{\min}$ doit avoir une valeur qu'il est raisonnable de prendre égale à $l/10$. De plus, si l'objet a une densité voisine de celle de l'eau, on a $M \simeq l^3$. Enfin la densité de courant i ne peut certainement pas dépasser, même dans les cas les plus favorables, l'ordre de grandeur du milliampère par millimètre carré, soit $i = 10^{-1}$ en unités pratiques. Avec ces valeurs, la formule (3) montre que l doit être au moins égal à 10^{-6} cm, soit $10\,m\mu$.

Une autre cause s'oppose aussi à l'obtention d'une image nette : c'est l'agitation thermique de l'objet libre. Le calcul montre, si l'on admet toujours les mêmes données, que l'agitation thermique doit s'opposer à l'obtention de bonnes images pour des objets dont les dimensions sont inférieures à $10\,m\mu$.

Mais les évaluations précédentes sont certainement trop pessimistes. En particulier, il convient de remarquer que nous avons raisonné sur un objet *libre* de se mouvoir sur le porte-objet : ce serait le cas d'une particule dans le vide ou dans un gaz très raréfié. Mais d'ordinaire l'objet n'a pas cette liberté de mouvements : ou bien il adhère au porte-objet, ou bien il fait partie d'un corps solide ou liquide relativement lourd. Cette *solidarité* de l'objet avec un corps

plus lourd diminue évidemment l'effet de mise en mouvement et celui d'agitation thermique et permet d'obtenir de meilleurs résultats que ceux prévus ci-dessus. On pourrait même espérer voir au microscope corpusculaire la structure d'un atome si cet atome fait partie d'un corps solide ou liquide. Nous allons montrer qu'il n'en est rien.

Considérons en effet un atome qui fait partie de la structure d'un corps solide ou liquide examiné au microscope corpusculaire. Rappelons d'abord que, pour libérer un atome qui fait partie de la structure d'un corps solide ou liquide, il faut lui fournir une énergie de l'ordre d'une fraction d'électron-volt et que, pour extraire un électron intraatomique d'un atome, une énergie d'au plus une centaine de kilo-électron-volts est suffisante, même pour les électrons les plus puissamment liés.

Écrivons les équations exprimant la conservation de l'énergie et de l'impulsion lors d'un choc *efficace* entre un corpuscule incident et l'atome considéré comme objet. Comme $\alpha \leqq \varepsilon$ est toujours très petit, on trouve aisément, en ne conservant que les termes du second degré en α,

$$(4)\qquad p' = p\left(1 - \frac{\eta}{2}\alpha^2\right), \qquad P_x = p\alpha, \qquad P_z = p\frac{\alpha^2}{2}(\eta + 1),$$

avec $\eta = m/M$, p' étant la quantité de mouvement du corpuscule incident après le choc, P_x et P_z les composantes de la quantité de mouvement finale de l'objet. L'énergie empruntée par l'objet au corpuscule dans un choc efficace a, au même degré d'approximation, l'expression suivante

$$(5)\qquad w = \frac{1}{2M}(P_x^2 + P_z^2) = \alpha^2 \eta \frac{p^2}{2m} = \frac{\alpha^2}{2M}\frac{h^2}{\lambda^2}.$$

Dans ces calculs, nous avons négligé les corrections de relativité qui sont ici peu importantes. La valeur maxima de w est

$$(6)\qquad w_m = \frac{h^2}{2M}\frac{\varepsilon^2}{\lambda^2} = \frac{h^2}{8M}\frac{1}{d_{\min}^2}.$$

Les dimensions de l'atome étant au plus de l'ordre de l'angström, pour que nous puissions étudier la structure de notre atome, il faudra que $d_{\min}$ soit au plus égal à 10^{-9} cm. D'autre part, la masse M de l'atome est, en ordre de grandeur, comprise entre 10^{-22} et 10^{-24} gramme. La formule (6) montre alors que w_m est de l'ordre de l'électron-volt, c'est-à-dire suffisante pour provoquer la libération de l'atome.

Au lieu de considérer le choc d'un corpuscule avec l'atome tout entier, nous pouvons considérer le choc d'un corpuscule avec un électron de l'atome : on pourra encore employer la formule (6), mais en donnant à M la valeur de la masse de l'électron, soit environ 10^{-27} gramme. Pour pouvoir explorer la structure profonde de l'atome, on devra prendre $d_{\min} \sim 10^{-9}$ à 10^{-10} cm. On trouve alors pour w_m des valeurs allant de quelques milliers à plus de

100 000 électron-volts. Le choc efficace est donc susceptible d'arracher les électrons de l'atome.

Bref, nous arrivons à la conclusion suivante : « Quand les corpuscules incidents sont assez rapides (c'est-à-dire ont une longueur d'onde associée assez petite) pour que l'on puisse discerner les détails de la structure de l'atome, ils seront susceptibles, dès les premiers chocs efficaces, d'arracher l'atome au corps dont il fait partie, et même de bouleverser sa structure interne en lui enlevant ses électrons ». Dans ces conditions, il n'est guère permis d'espérer que l'on puisse arriver, même en employant des microscopes protoniques à très haute tension, à voir avec un microscope corpusculaire la structure des atomes.

Les considérations que nous venons de développer sont étroitement reliées à la signification profonde du quantum d'Action et aux réflexions de MM. Bohr et Heisenberg sur ce sujet.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez l'*Orobus tuberosus *L.* (Lathyrus macrorrhizus *Wimm.*). Note de M. **René Souèges**.

Les variations qui se produisent, chez les Viciées, au cours des premières segmentations, sont-elles purement individuelles ou bien spécifiques ? La question ne manque pas d'importance, car, dans le premier cas, elles mettraient en cause la valeur des lois qui président à la marche de la segmentation; dans le deuxième cas, venant à l'appui des données morphologiques, elles peuvent intervenir pour préciser et même fixer les véritables rapports phylogénétiques. Déjà l'étude du développement de l'embryon chez l'*Orobus vernus* ([1]) et chez le *Vicia sepium* ([2]) a fait ressortir, à côté de quelques divergences individuelles vraiment négligeables, des différences bien tranchées et assez constantes qui ont permis de bien séparer ces deux espèces et de leur assigner une place différente dans la classification embryogénique. Il importe de savoir si ces caractères distinctifs se retrouvent chez d'autres *Orobus* et chez d'autres *Vicia*.

Il n'a pas été possible de déceler, dans les lois qui régissent le développement de l'embryon chez l'*Orobus tuberosus*, le moindre caractère qui ne soit conforme à ce qui a été précédemment observé chez l'*O. vernus*. Les deux plantes, qui constituent deux espèces morphologiques incontestables, ne correspondent vraiment qu'à *une même espèce embryogénique*. On peut voir, par les figures 1 à 7, que la cellule apicale du proembryon bicellulaire, chez l'*O. tuberosus* comme chez l'*O. vernus*, se divise transversalement pour donner deux cellules superposées, *cc* et *cd*; que *cc*, cellule embryonnaire proprement dite, subit à son tour une division transversale pour engendrer deux éléments, *ce* et *cf*, également disposés l'un au-dessus de l'autre. L'élément *ce* prend, en règle générale, une cloison oblique (*fig.* 9, 10), tandis que l'élément *cf* se divise longitudinalement (*fig.* 8);

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 60.

(2) R. Souèges, *ibid.*, **223**, 1946, p. 389.

de la sorte se constituent 4 quadrants disposés en deux étages. Les cloisons qui s'établissent ensuite dans le plus grand des deux quadrants supérieurs sont généralement auticlines à direction horizontale et font apparaître, au sommet, une cellule qui offre tous les caractères d'une épiphyse. Il faut reconnaître qu'il est difficile, aux stades plus avancés, de déterminer exactement les fonctions histogéniques de cette cellule.

Les octants supérieurs sont nettement différenciés en 13; en 10, les octants inférieurs se sont déjà constitués par division longitudinale des deux éléments juxtaposés originaires de *cf* (*fig.* 9).

Les figures 14 à 17 montrent comment procède la segmentation dans les octants supérieurs; les cloisons sont généralement périclines (*fig.* 16, 17), mais aussi parfois anticlines (*fig.* 14, à *d.*). Les divisions deviennent bientôt assez irrégulières dans toute cette région; dans la plupart des cas, néanmoins, au-dessous du groupe épiphysaire, apparaît assez distinctement une assise aux dépens de laquelle se différencient latéralement les deux cotylédons.

On peut voir, dans la série des figures allant de 11 à 16, comment se constituent les deux assises *ph* et *h*, aux dépens des octants inférieurs. Ceux-ci se segmentent transversalement de très bonne heure (*fig.* 11, 12, 13, à *d.*). En 15, l'assise *h* n'est représentée

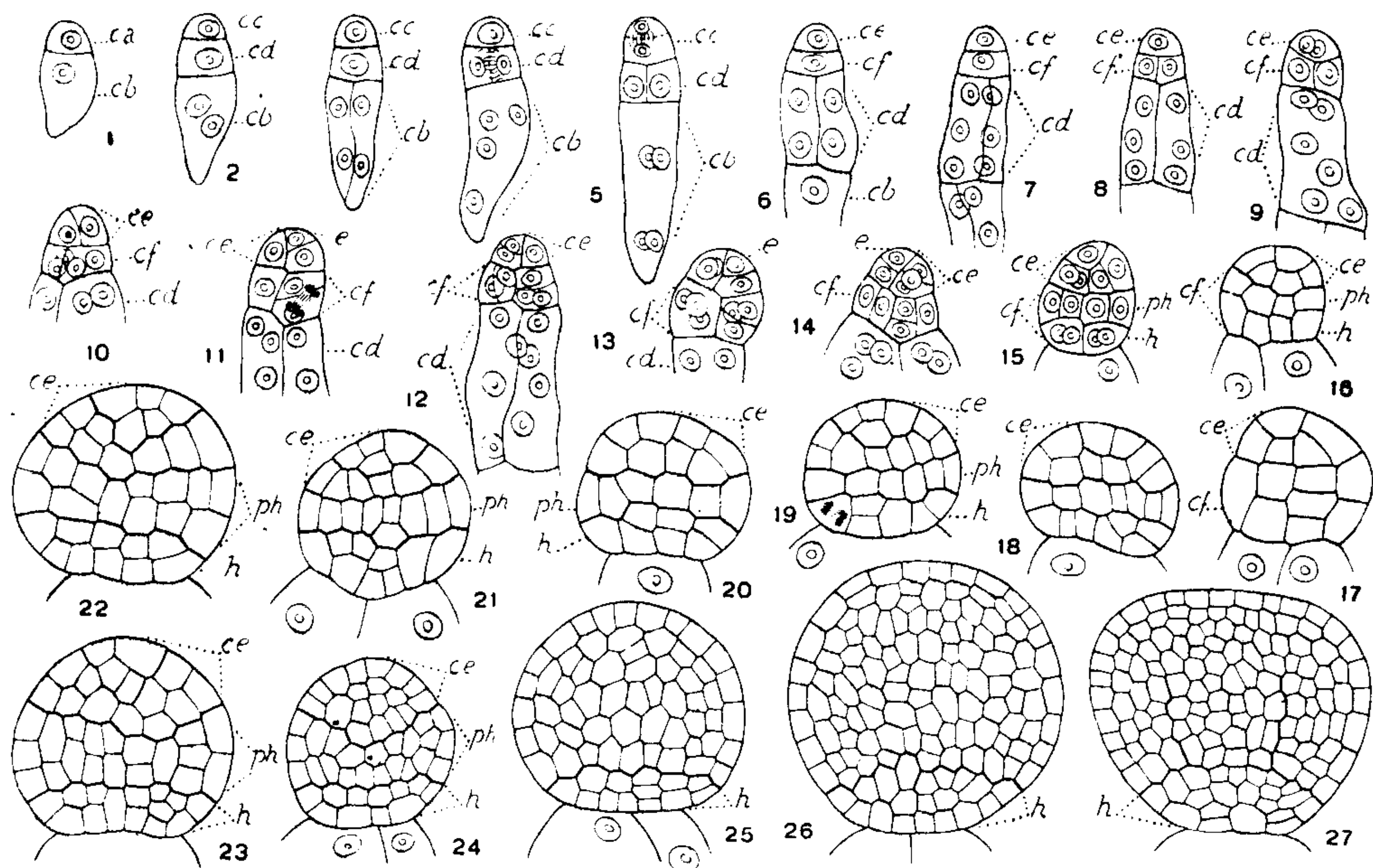


Fig. 1 à 27. — *Orobus tuberosus* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cd* et *cb*, cellule-fille inférieure de *ca* et cellule basale ou les deux paires en superposition croisée de vésicules haustoriales; *cc*, cellule embryonnaire proprement dite; *ce*, cellule-fille supérieure de *cc* ou partie cotylée; *cf*, cellule-fille inférieure de *cc* ou groupe cellulaire qui en dérive; *e*, épiphyse; *ph*, partie hypocotylée; *h*, assise génératrice du groupe hypophysaire. G. = 280; 150 pour les figures 24 à 27.

que par 4 cellules circumaxiales qui résultent, de manière évidente, de la segmentation transversale directe des 4 octants inférieurs. Aux stades des figures 19 à 23, les assises *ph* et *h* ont engendré chacune deux couches cellulaires; dans la suite (*fig.* 24, 25, 26), il est difficile de reconnaître leurs limites, tout le corps embryonnaire formant une masse homogène, indifférenciée intérieurement.

Le dermatogène d'abord, puis le périblème et le plérome s'individualisent un peu plus

tard; on ne distingue nettement ces histogènes qu'au moment où naissent les cotylédons; à ce même moment, apparaissent, à la partie inférieure, les premiers cloisonnements tangentiels qui président à la formation de la coiffe (*fig.* 27).

En résumé, chez toutes les Viciées examinées jusqu'ici, la cellule basale, *cb*, du proembryon bicellulaire ne prend aucune part à la construction de l'embryon, pas plus d'ailleurs que la cellule *cd*, fille inférieure de la cellule apicale; mais cette cellule *cd* fournit les deux éléments inférieurs de la tétrade que l'on doit retrouver, d'après le *principe de la correspondance des formes*, à la deuxième génération cellulaire. Par ces caractères fondamentaux, l'embryon de ces plantes se classe dans la 2e grande division et dans le mégarchétype VI du système périodique. Le cloisonnement longitudinal de la cellule *cc*, chez le *Vicia sepium*, permet de ranger cette espèce dans la série A′, c'est-à-dire dans le 9e groupe embryogénique, tandis que le cloisonnement transversal de la même cellule fait entrer les *Orobus* dans la série C′, d'une manière plus précise, dans la sous-série b′ et dans la variante b'_1 de cette sous-série, c'est-à-dire dans le 13e groupe, puisque l'élément *ce* se segmente obliquement et l'élément *cf* longitudinalement ([3]). Ce sont là des données qui résultent de la très grande majorité des observations et que l'on ne peut contester; du point de vue scientifique, on doit les admettre comme l'expression d'une *règle générale* que quelques rares exceptions ne sauraient ni infirmer ni faire rejeter.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur une catégorie de propositions.*
Note de M. **Georges Bouligand.**

1. Soit Γ un champ assigné de prémisses, par exemple, celui de la géométrie affine. Prenons dans Γ une proposition P, dont l'énoncé acquiert un sens lorsqu'on en éprouve la valeur logique sur les objets d'une classe donnée K : en général, cet énoncé se révèle exact pour certains de ces objets, inexact pour les autres (ainsi, dans la classe des quadrilatères plans, l'intersection des diagonales en leur milieu vaut pour les parallélogrammes et pour eux seuls). La famille des *passages* d'un objet O_1 de la classe K à un autre O_2 contient avec le passage $O_1 \rightarrow O_2$ le passage inverse $O_2 \rightarrow O_1$, et avec les deux passages $O_1 \rightarrow O_2$ et $O_2 \rightarrow O_3$ le passage résultant $O_1 \rightarrow O_3$.

2. Un cas important est celui où est satisfaite la condition suivante :

Il existe *une famille d'opérations* dont chacune fournit une *représentation biunivoque* de la classe K sur elle-même et se trouve déterminée sans ambiguïté par un couple O_1, O_2, où l'élément O_1 est arbitraire, tandis que l'élément O_2 est le conséquent de O_1. Convenons de noter cette opération par (O_1, O_2).

Lorsqu'il en est ainsi, les passages considérés au n° 1 sont commandés par les opérations qui viennent d'être introduites. Et il devient naturel de consi-

---

([3]) R. Souèges, *Embryogénie et Classification*, 2e fasc., Paris, 1939.

dérer un cas plus spécial encore, celui où la famille de ces dernières contient (comme celle des passages) :

1° avec une opération, l'opération inverse ;

2° avec deux opérations, leur résultante.

Cette famille est alors un groupe. En géométrie affine, par exemple, l'opération (O_1, O_2) est une transformation linéaire et le groupe obtenu est le groupe linéaire.

3. Le processus précédent, qui voit en chaque passage $O_1 \rightarrow O_2$ l'induit d'une opération (O_1, O_2), permet, pour toute réalisation de la condition n° 2 et de l'hypothèse complémentaire qu'elle suscite par analogie formelle, d'attacher un groupe à une proposition, ce groupe ne se réduisant pas à la transformation identique. J'avais déjà marqué la distinction nécessaire entre les passages $O_1 \rightarrow O_2$ et les opérations (O_1, O_2) (¹). Voici maintenant, ce qui est essentiel, des exemples de propositions extérieures à la catégorie précédente.

1° Prenons pour champ Γ la géométrie riemannienne d'une variété V simplement connexe à deux dimensions, définie par un ds^2 à courbure négative; et pour classe K celle des triangles géodésiques situés sur cette variété. Le passage d'un de ces triangles géodésiques O_1 à un autre O_2 ne peut déterminer, au degré actuel de généralité, aucune opération biunivoque (O_1, O_2). Et le théorème de Gauss exprimant l'excès de π sur la somme des trois angles d'un des triangles précédents, au moyen de la courbure intégrale, est extérieur à la catégorie des propositions envisagées au n° 2. Dans cet exemple, c'est la condition au début du n° 2 qui n'est pas satisfaite.

2° Prenons pour champ Γ les sommets d'un polygone régulier et pour P l'énoncé d'une propriété vraie en tous ces sommets. A chaque couple ordonné de ces sommets, attachons l'opération qui, échangeant les deux sommets du couple, laisse fixes tous les autres. Cette fois, l'opération sollicitée au n° 2 existe, mais l'hypothèse complémentaire n'est pas vérifiée.

4. L'analyse précédente laisse ouverte la recherche de caractères simples, propres à discriminer les énoncés soumis à la condition et à l'hypothèse complémentaire du n° 2.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Écoulement permanent subsonique pour une grille de profils.* Note de M. **Maurice Roy**.

1. On sait, par la représentation conforme, déterminer le champ des vitesses et les actions aérodynamiques d'un courant plan et permanent de liquide non visqueux traversant une grille de profils, d'axes X et Y (X perpendiculaire au plan des bords de fuite et orienté vers l'aval).

Le problème se pose, pour le progrès des théories des turbomachines axiales,

(¹) *Mathematica*, 20, 1944, p. 90-93.

de tenir compte de la compressibilité des gaz utilisés. On n'envisage ci-après qu'un écoulement sans viscosité et *subsonique partout*, donc *irrotationnel et isentropique*. Par unité d'envergure, l'action aérodynamique F sur un profil peut alors s'exprimer par

$$(1)\qquad \overline{F} = -\rho_0(\overline{V}_0 \wedge \overline{\Gamma}),$$

$\overline{\Gamma}$ étant le vecteur-circulation (autour du profil) et ρ_0, $\overline{V}_0$ désignant une densité et une vitesse *intermédiaires* entre les grandeurs homologues à l'infini amont (indice 1) et aval (indice 2).

2. Pour le *liquide* ($\rho \equiv \rho_0$), on sait que $\overline{V}_0 = 0{,}5\,(\overline{V}_1 + \overline{V}_2)$ et, si le rapport $\tau = t/a$ (t, profondeur du profil; a, pas de la grille suivant Y) n'est pas trop grand, on peut admettre, *selon la théorie approchée de l'aile portante*, que Γ a même valeur que pour le profil supposé isolé dans le plan (X, Y) et pour un courant à l'infini défini par V_0, α_0 (α, angle de $\overline{V}$ sur $\overrightarrow{X}$).

Cette approximation paraît non moins fondée, dans les mêmes conditions, si le fluide est *compressible et subsonique*. L'adoptant, on peut relier (V_0, α_0) aux conditions à l'infini pour la grille, comme on va l'indiquer.

Définissons la portance du profil par $c_z = 2F/\rho_0 V_0^2 t$ et le courant relatif au profil isolé par $\mathcal{M}_0$ ($\mathcal{M}$, nombre de Mach) et α_0. Construisons la fonction Z de $\varphi = V/V_0$.

$$(2)\qquad Z = \frac{1}{\gamma \mathcal{M}_0^2}(1 - r^\gamma) + \left(1 - \frac{\cos^2\alpha_0}{r}\right); \qquad \text{avec } r = \left[1 + \frac{\gamma - 1}{2}\mathcal{M}_0^2(1 - \varphi^2)\right]^{\frac{1}{\gamma - 1}},$$

où $r = \rho/\rho_0$ et $\gamma = c_p/c_v$. Les abscisses de deux points de même ordonnée représentent φ_1 et φ_2. Soient Y_1 et Y_2 les valeurs correspondantes de la fonction

$$(3)\qquad Y = \sin\alpha_0 \sqrt{\varphi^2 - \frac{\cos^2\alpha_0}{r^2}}.$$

Les valeurs de α_1 et α_2 sont données par $\sin\alpha_1 = Y_1/\varphi_1 \sin\alpha_0$ et $\sin\alpha_2 = Y_2/\varphi_2 \sin\alpha_0$.

Enfin, par l'hypothèse approximative $2\Gamma = -V_0 t c_z$, la portance relative au courant considéré est

$$(4)\qquad c_z = \frac{2}{\tau \sin\alpha_0}(Y_1 - Y_2),$$

étant entendu que c_z se rapporte au profil isolé (avec son inclinaison sur l'axe X) pour le courant à l'infini ($\mathcal{M}_0$, α_0).

3. Pour une grille donnée et $\mathcal{M}_0$ fixé, on supposera connue la loi $c_z(\alpha_0)$ du profil isolé, par exemple d'après l'essai de ce profil en soufflerie (en admettant alors que la viscosité du gaz n'influence pas cette loi, ou en conservant le nombre de Reynolds). Pour chaque valeur de α_0, (2) et (3) avec la condition (4) permettent de déterminer (φ_1, α_1) et (φ_2, α_2). Le problème

inverse est non moins facile à traiter, et il va de soi que l'on pourra, par (2) et (3), construire un *réseau universel de courbes* pour relier (φ_1, α_1) et (φ_2, α_2) à ($\mathfrak{M}_0$, α_0), réseau qui permet aussi bien l'étude du problème inverse. Le profil n'intervient que par son calage sur l'axe X et par sa loi $c_z(\alpha_0, \mathfrak{M}_0)$, influencée par ce calage. On utilisera cette loi pour déterminer en fonction de c_z, pour un profil et un $\mathfrak{M}_0$ donnés, les vitesses amont ($\varphi_1 V_0$, α_1) et aval ($\varphi_2 V_0$, α_2).

4. En passant, dans (2) à (4), au cas limite $\mathfrak{M}_0 \to 0$, ces formules tendent vers des formes qui s'identifient aux relations classiques pour le liquide non visqueux. Comme il est connu, le fluide incompressible ne peut être considéré, en Mécanique des fluides, comme la limite d'un gaz que pour le cas extrême où les *vitesses sont nulles* et, donc, l'écoulement inexistant.

5. Pour apprécier l'*influence de la compressibilité*, faisons l'application au cas d'une grille à $\alpha_0 = 45°$ et à $\tau = 1$ (cas où l'hypothèse approximative sur la conservation de la circulation pour le profil isolé commence peut-être, d'ailleurs, à être discutable) et au nombre de Mach $\mathfrak{M}_0 = \sqrt{0{,}5}$, déjà atteint ou dépassé pour certains aubages de compresseurs axiaux modernes. On obtient, pour trois valeurs de c_z de la zone pratiquement intéressante, les résultats suivants :

c_z.	φ_1.	φ_2.	α_1.	$\alpha_1 - \alpha_2$.	φ_1/φ'_1.	φ_2/φ'_2.	$\alpha'_1 - \alpha'_2$.
0,702.......	1,130	0,857	48°,5	9°,1	1,054	1,072	14°,35
0,532.......	1,101	0,886	48	7	1,035	1,025	11,05
0,309.......	1,054	0,932	46,75	3,75	1,022	0,992	6,8

Les grandeurs accentuées, relatives au cas homologue et pour le fluide incompressible ($\mathfrak{M}_0 = 0$ et, rigoureusement, $V_0 = 0$), sont indiquées à titre de comparaison.

On voit que, pour la même portance c_z et le même α_0, les vitesses à l'infini *diffèrent sensiblement en grandeur et surtout en direction*. Les déflexions ($\alpha_1 - \alpha_2$) et ($\alpha'_1 - \alpha'_2$) sont, en particulier, très différentes. Il faut ajouter que, pour le même c_z et le même α_0, les calages des profils (qui dépendent de la position sur eux, variable avec $\mathfrak{M}_0$, de leur axe de portance nulle) doivent varier avec $\mathfrak{M}_0$.

Cette première investigation autorise à conclure qu'une théorie correcte des turbomachines axiales, où les profils travaillent à des portances notables, doit faire intervenir dès maintenant la compressibilité. La méthode ci-dessus constitue une première approximation dans ce sens, d'un emploi très facile.

6. La loi (1) constitue une généralisation, peut-être nouvelle, du théorème de Kutta-Joukowski pour le cas du fluide compressible et de la grille indéfinie. Elle nécessite seulement que les vitesses additionnelles à $\overline{V}_1$ et $\overline{V}_2$ s'annulent à l'infini plus rapidement que $1/|X|$.

CORRESPONDANCE.

M. **Harlow Shapley**, élu Correspondant pour la Section d'Astronomie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Groupe français du Conseil de Contrôle Allié en Allemagne. Mission des Carburants. *Dictionnaire des termes techniques de l'industrie du pétrole*. (En français, anglais, russe et allemand.)

2° M. Mahmoud Hessaby. *A strain theory of matter*.

HYDRAULIQUE. — *Influence de la présence d'un étranglement à la base d'une chambre d'équilibre sur le régime des surpressions*. Note (1) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Dans une Note récente (2) nous avons montré qu'une liaison de grande longueur entre canal d'amenée et chambre d'équilibre provoque la naissance de surpressions notables dans ce canal, lors des manœuvres normales d'arrêt des turbines. Nous avons appliqué la même méthode à l'étude de l'influence que peut avoir un étranglement du type classique (faible section et très courte longueur) sur le régime des surpressions qui s'établit dans le système canal d'amenée-conduite forcée. Les résultats obtenus sont les suivants :

1° L'onde de surpression à front vertical provoquée par une fermeture rigoureusement instantanée se transmet toujours au canal d'amenée, sauf dans le cas où le canal et la conduite débouchent directement dans une chambre d'équilibre de section infinie : par exemple, dans un cas particulier, si un étranglement permet la transmission au canal d'amenée d'une onde provenant de la conduite forcée, dans une proportion de 90 %, un tube de liaison de section égale à celle du canal d'amenée permet la même transmission dans une proportion de 66 %, inférieure mais comparable à la précédente; le débouché direct du canal et de la conduite dans une chambre de section normale laisserait encore s'effectuer la transmission d'une surpression égale à 15 % de l'onde incidente. Une telle fermeture instantanée n'intervient heureusement jamais dans la pratique.

2° Nous avons considéré un étranglement très court (durée d'un aller-retour d'onde, θ'), placé à la base d'une chambre d'équilibre de section pratiquement

(1) Séance du 16 septembre 1946.

(2) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 130.

infinie, en supposant le canal d'amenée très long pour qu'il n'y ait pas à faire intervenir, dans l'étude des premières phases du phénomène, les ondes réfléchies à son extrémité amont. Nous avons étudié par des méthodes graphiques les surpressions ξ transmises dans le canal d'amenée par des fermetures linéaires complètes de durées $T = n\theta'$ très courtes et toujours inférieures au temps θ d'aller-retour d'une onde, d'un bout à l'autre de la conduite : q_0 désignant le débit initial et a/gs la caractéristique de la conduite, les données correspondant à l'un des exemples étudiés sont les suivantes, les indices ′ et ″ correspondant respectivement à l'étranglement et au canal :

$$q_0 = 50\ \text{m}^3/\text{sec.},\qquad \theta' = 0{,}00175\ \text{s},\qquad \theta = 0{,}70\ \text{s},$$
$$\frac{a}{gs} = \frac{a''}{gs''} = 10{,}40,\qquad \frac{a'}{gs'} = 41{,}60,\qquad y_0 = 220\ \text{m}.$$

Le tableau ci-dessous fournit les valeurs obtenues pour le rapport $K = \xi_M/(aq_0/gs)$ du maximum ξ_M de ξ à la surpression maxima aq_0/gs produite au distributeur, en fonction de $T = n\theta'$, le calcul étant fait sans tenir compte de la perte de charge dans l'étranglement :

T (sec).	n.	K.	T (sec).	n.	K.
0	0	0,89	0,175	100	0,0697
0,0175	10	0,467	0,35	200	0,036
0,035	20	0,29	0,525	300	0,024
0,0875	50	0,134	0,70	400	0,018

On voit que pour $T = 0{,}70$ sec., limite supérieure des fermetures brusques, dans l'exemple considéré, la surpression transmise au canal est inférieure à 2 % de la pression au distributeur.

Nous avons établi l'expression suivante donnant une valeur par excès du maximum ξ_M de la surpression, l'approximation étant très convenable pour $50 \leqq n \leqq 100$ et excellente pour $n \geqq 100$

$$\xi_M = \frac{\dfrac{a'}{gs'}}{\dfrac{a}{gs}} \, \frac{2\left(y_0 + \dfrac{aq_0}{gs}\right)}{1 + \sqrt{1 + \dfrac{4y_0\left(y_0 + \dfrac{aq_0}{gs}\right)n^2}{\dfrac{a^2q_0^2}{g^2s^2}}}}.$$

3° Nous avons étudié également l'influence de la perte de charge à la traversée de l'étranglement ainsi que le cas où celui-ci est suivi d'une conduite de raccordement de quelques mètres de longueur : ce dernier élément augmente notablement les valeurs de K et, d'ailleurs, le tube de raccordement, en l'absence de tout étranglement, autorise la transmission d'ondes de surpression notables au canal d'amenée, dans le cas des fermetures très rapides, presque instantanées, comme celles qui ont été envisagées ci-dessus. Par exemple, avec les données précédentes, et $n = 10$, l'adjonction à l'étranglement d'un tube de

liaison tel que $\theta''' = 10\theta'$ et $a'''/gs''' = 6,625$ donne à ξ_M la valeur $239^m,50$, alors que l'on obtient, dans le cas de l'étranglement seul, $\xi_M = 150^m,60$, et, pour le tube de liaison sans étranglement, $\xi_M = 188^m$.

4° Les fermetures lentes ($T > \theta$), seules utilisées en pratique, peuvent être étudiées par les mêmes méthodes graphiques : on est amené à conclure, dans tous les cas, qu'il est impossible à un étranglement de courte longueur de transmettre au canal d'amenée des ondes de surpression appréciables à la suite de telles manœuvres : seule, la perte de charge à la traversée de l'étranglement intervient pour majorer la pression dans le canal, dans les conditions que considère le calcul classique des oscillations en masse.

En résumé, ces études montrent que le dispositif d'étranglement peut être adopté dans toutes les usines comportant une chambre d'équilibre, sans qu'il puisse en résulter de conséquences fâcheuses pour l'installation.

PHYSIQUE. — *Étude sur la dilatation du graphite.* Note (1) de M. **Jacques Pierrey**, présentée par M. Paul Lebeau.

Le graphite présente une forte anisotropie de dilatation mise en évidence théoriquement par Voigt (2) en 1910.

La plupart des déterminations expérimentales de cette dilatation ont été effectuées sur des éprouvettes constituées d'agrégats de cristaux présentant différentes orientations.

Il en résulte que les valeurs trouvées sont très dispersées (de $0,55.10^{-6}$ à 8.10^{-6}) (3).

Les diagrammes de rayons X permettent de définir de façon très sûre les dimensions de la maille du cristal de graphite et les variations de ces dimensions avec la température.

C'est ainsi que, très récemment, J. B. Nelson et D. P. Riley (4) ont montré que le coefficient de dilatation suivant l'axe senaire du cristal de graphite ($\alpha_{\parallel}$) est d'environ $28,3.10^{-6}$ entre zéro et 870° C. Perpendiculairement à cet axe le coefficient de dilatation ($\alpha_{\perp}$) est d'abord négatif de o à 400° C. ($\alpha_{\perp} = -1.5.10^{-6}$), puis positif à partir de 400° C.

L'emploi des rayons X pour la mesure des dimensions du cristal élémentaire ne peut guère être envisagé à très haute température.

Je me suis proposé d'entreprendre par une méthode optique l'étude dilato-

(1) Séance du 29 juillet 1946.

(2) Voigt, *Lehrbuch der Krystallphysik*, Leipzig, 1910.

(3) Fizeau, *Comptes rendus*, 68, 1869, p. 1125; Muraoka, *Wied. Ann.*, 13, 1881, p. 307; Day et Sosman, *Industr. Eng. Chem.*, 4, 1912, p. 490; Hidnert et Sweeney, *Tech. Pap. Bur. Stand., Wash.*, 21, 1927, p. 223; Hidnert, *Bur. Standards J. Research.*, 13, 1934, p. 38; Erfling, *Ann. Phys. Lpz.*, 34, 1939, p. 136.

(4) Nelson et Riley, *Proc. Phys. Soc.*, 57, 1945, p. 477.

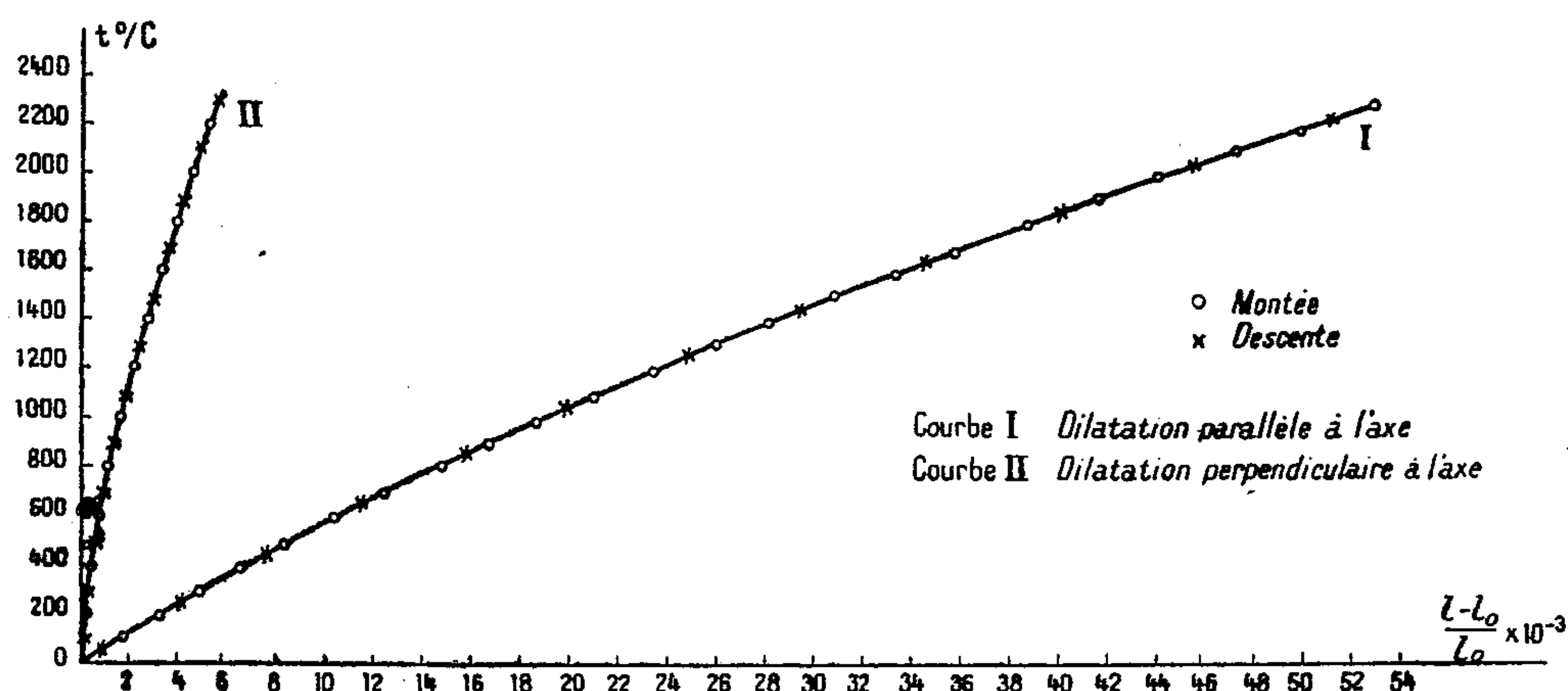
métrique entre o et 2300° C. d'éprouvettes constituées de cristaux de graphite orientée, aussi complètement que possible dans une seule direction.

De petits cristaux (surface, 1 à 2^{mm^2}; épaisseur, 10 à 20^{μ}) de graphite pur (99,9 % de C) ont été agglomérés par une pression dirigée soit parallèlement à l'axe de l'éprouvette, soit perpendiculairement à cet axe. Dans ces conditions, si l'orientation était parfaite, on devrait mesurer la dilatation suivant l'axe senaire : $\alpha_{\parallel}$ (compression parallèle à l'axe) ou perpendiculairement à cet axe : $\alpha_{\perp}$ (compression latérale).

Les allongements sont mesurés optiquement : entre o et 1000° les pointes de l'éprouvette chauffée dans un four à tube de carbone fermé doivent être éclairées latéralement.

Au-dessus de 1000° le rayonnement des pointes est suffisamment intense pour permettre les mesures. La température est repérée par thermocouple entre o et 1000° et au-dessus de 1000° par une méthode optique.

Mes essais (courbes I et II) entre 0° et 2300°C. montrent une très forte



anisotropie de dilatation du graphite; entre 0° et 800°C. l'écart entre les valeurs extrêmes trouvées, très supérieur à celui que l'on peut observer dans les graphites industriels, est néanmoins notablement inférieur à l'écart déterminé par Nelson et Riley. Je n'observe pas en particulier la contraction indiquée pour $\alpha_{\perp}$ entre o et 400°C.

S'il n'intervient pas d'actions intercristallines qui modifient, à l'échelle macroscopique, l'aspect du phénomène, il subsisterait donc dans les échantillons que j'ai préparés une certaine désorientation.

Les valeurs trouvées pour $\alpha . 10^6$ sont les suivantes :

Intervalle de température (° C.)...	0-500.	500-1000.	1000-1500.	1500-2300.
Compression ∥ à l'axe ($\alpha_{\parallel}$)....	17,2	20,4	24,4	27,7
» ⊥ latérale ($\alpha_{\perp}$)...	1,3	2,2	2,6	3,2
Rapport des deux valeurs......	13,2	9,3	9,4	8,7

Les deux coefficients de dilatation mesurés augmentent régulièrement entre 0 et 2300°C.

Remarques sur la communication précédente
par M. **Aimé Cotton.**

M. Aimé Cotton rapproche les résultats de M. J. Pierrey de l'énorme anisotropie magnétique du graphite pur et cristallisé. Des échantillons, dont la pureté avait été spécialement étudiée par M. Trombe pour l'absence du fer, indiquent une énorme différence entre les coefficients mesurés suivant l'axe principal et suivant les axes binaires. M. Gabriel Foëx qui avait commencé ces mesures à Strasbourg les a continuées récemment à Bellevue en faisant varier la température. Mais c'est du côté des très basses températures que M. Foëx, en liaison avec M. Tsaï, a poursuivi ses efforts. Jusqu'à présent on n'a pas constaté, dans le cas de ce cristal diamagnétique, une inversion de la différence des coefficients principaux aux températures les plus basses.

THERMODYNAMIQUE. — *Relation entre la chaleur de fusion et la température absolue de fusion des métaux monoatomiques.* Note de M. **Stéfan Procopiu**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. Entre la chaleur L de fusion et la température absolue de fusion T d'une substance, il existe la relation $LM/T =$ constante, trouvée par Th. W. Richards. Dans cette relation M est la masse moléculaire, et la constante, voisine de 9,6 pour les substances à molécules composées et de 5,4 pour l'eau, est comprise entre 1 et 5 pour les éléments simples.

Je veux montrer que dans le cas des métaux monoatomiques la constante a comme valeur 1,987, et que la relation peut être écrite

$$\frac{LM}{T} = R, \tag{1}$$

où R est la constante des gaz; celle-ci a comme valeur 1,987, lorsqu'on exprime L et R en calories.

2. Voici le raisonnement : Considérons l'entropie ΔS d'une substance au moment de la fusion. Elle est donnée par la formule $\Delta S = LM/T$. Cette valeur de l'entropie, pour être rapportée à une seule molécule, sera divisée par N, le nombre d'Avogadro. On a l'entropie pour une molécule

$$\Delta S = \frac{LM}{TN}. \tag{2}$$

Exprimons à présent l'entropie par la relation statistique de Boltzmann-Planck

$$W_2 = W_1 e^{\frac{\Delta s}{k}}, \tag{3}$$

dans laquelle W_1 et W_2 sont les probabilités d'existence des molécules dans

les deux états, solide et liquide, et k est la constante de Boltzmann, de valeur $k = R/N$. En remplaçant la valeur (2) de ΔS dans la formule (3), on obtient

$$W_2 = W_1 e^{\frac{LM}{RT}}.$$

Admettons que les probabilités W_1 et W_2 tendent à devenir égales, lorsqu'elles se rapportent à une seule molécule. Dans ce cas l'exposant de e doit tendre vers la valeur zéro. Si l'on admet encore que la chaleur moléculaire de fusion LM doit au minimum être égale à l'énergie de translation, RT, de la molécule monoatomique, on pourra écrire

$$\frac{LM}{RT} \geqq 1,$$

d'où l'on déduit

$$\frac{LM}{T} = R = 1,987.$$

3. Cette relation se vérifie bien pour les métaux monoatomiques, Na, K, Cu, Ag, Cd, Pb, Al, et un peu moins bien pour Fe, Au, Hg, Ni, Zn, Pt, comme on peut le voir dans le tableau suivant :

Métal.	L (cal.).	M.	T° (abs.).	LM/R.
Na	31,7	23	370	1,97
K	15,7	39,1	335	1,83
Cu	41,6	63,6	1356	2,0
Ag	21,07	107,9	1234	1,9
Cd	10,8	112,4	594	2,04
Pb	5,86	207,2	600	2,02
Al	76,8	27	931	2,22
Fe	59	55,8	1535	2,34
Au	15,8	197,2	1337	2,33
Hg	2,77	200,6	234	2,37
Ni	73,8	58,7	1708	2,53
Zn	28,3	65,4	692,5	2,66
Pt	27,2	195,2	2028	2,62

On pourrait encore faire rentrer dans ce tableau les molécules biatomiques et tétraatomiques suivantes : O_2 avec le rapport LM/R égal à 1,96 ($L = 3,3$; $M = 32$; $T = 54$); S_2 avec un rapport 2,16 ($L = 13,2$; $T = 392$) et P_4 avec un rapport 1,97 ($L = 5,03$; $M = 4 \times 31$; $T = 317,2$).

OPTIQUE. — *Vision d'un petit objet rectangulaire parfaitement transparent par la méthode du contraste de phase de Zernike.* Note [1] de M. **Maurice Françon**, transmise par M. Aimé Cotton.

Zernike [2] a montré comment, grâce à la méthode du contraste de phase, il est possible d'observer des petits objets parfaitement transparents, qui ne

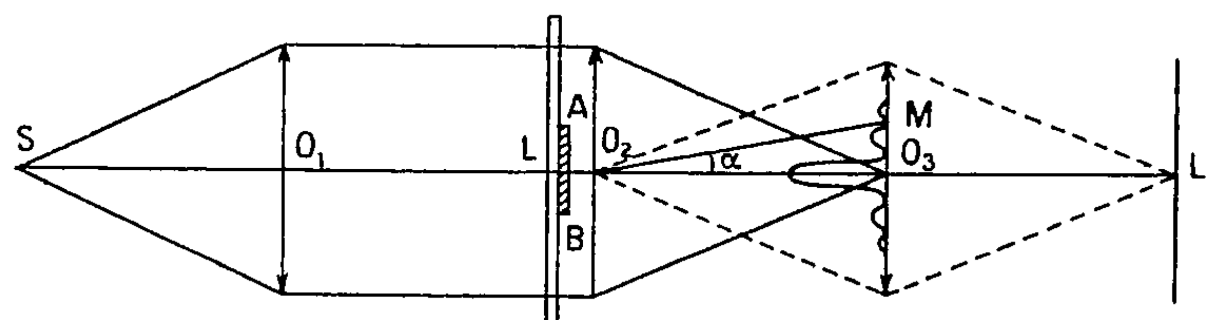
(1) Séance du 9 septembre 1946.

(2) *Physica*, 9, 1942, pp. 687 et 974.

diffèrent du milieu qui les entoure que par de très faibles variations d'indice ou d'épaisseur.

D'une façon indépendante, une belle application de la même méthode a été faite par M. Bernard Lyot ([3]) à l'étude du poli des surfaces optiques.

La transformation de Fourier, dont M. Duffieux ([4]) a mis en évidence les possibilités d'application à l'optique, permet de préciser et de comparer d'une façon simple à l'expérience les résultats donnés par cette méthode.



Considérons un objet formé par une lame à faces parallèles sur laquelle on a déposé une petite couche d'un produit transparent en forme de lame à faces parallèles rectangulaire AB, dont la largeur $AB = a$ est petite.

Nous supposons cette lame AB d'épaisseur optique très faible. Éclairons cet objet en lumière cohérente grâce à un collimateur SO_1 dont la fente est parallèle aux côtés A et B de l'objet AB, c'est-à-dire perpendiculaire au plan de la figure, et plaçons au voisinage immédiat de L un objectif O_2.

Si D est la largeur utile de l'objectif O_2 (diaphragmation rectangulaire), ne l'épaisseur optique de la petite lame AB, λ la longueur d'onde, l'amplitude complexe $G(\alpha)$ de la vibration au point correspondant à la direction α, dans le plan focal O_3 de l'objectif O_2, et avant la traversée de la lame de phase, sera

$$G(\alpha) = D\frac{\sin\dfrac{\pi\alpha D}{\lambda}}{\dfrac{\pi\alpha D}{\lambda}} + 2\pi a\frac{(n-1)e}{\lambda}e^{i\frac{\pi}{2}}\left[\frac{\sin\dfrac{\pi\alpha a}{\lambda}}{\dfrac{\pi\alpha a}{\lambda}} - \frac{\sin\dfrac{\pi\alpha D}{\lambda}}{\dfrac{\pi\alpha D}{\lambda}}\right].$$

Plaçons en O_3 un objectif donnant en L' une image de L. Soit $G_1(\alpha)$ l'amplitude complexe après la traversée de la lame de phase : $G_1(\alpha)$ ne diffère de $G(\alpha)$ que par la suppression du facteur $e^{i(\pi/2)}$, suppression obtenue au moyen de la lame quart d'onde placée en O_3. Si I_0 est l'intensité lumineuse de l'image de AB, I_1 celle du reste du champ (image L'), on trouve que l'image de la lame AB présente un contraste γ égal à

$$\gamma = \frac{I_0 - I_1}{I_0} = \frac{4\pi(n-1)e}{\lambda},$$

si ne est assez petit. On peut amener ce contraste à être égal à 1, comme l'a

([3]) *Comptes rendus*, **22**, 1946, p. 765.

([4]) Duffieux, Tiroufflet, Guenoche et Lansraux, *Annales de Physique*, **19**, 1944, p. 354.

montré M. Lyot, si la lame de phase ne laisse passer qu'une partie de l'intensité de l'image centrale de diffraction, sa densité optique étant égale à

$$\Delta = \log_{10}\left(\frac{D^2}{\varphi^2 a^2}\right) \qquad \text{avec} \quad \varphi = \frac{2\pi(n-1)e}{\lambda}.$$

Cette valeur Δ étant considérable si ne et a sont petits, on aboutit pratiquement à l'occultation de l'image centrale de diffraction.

OPTIQUE. — *Relation entre le pouvoir dispersif et la concentration.* Note de M. **Marc Barbaron**, présentée par M. Aimé Cotton.

La quantité $[(n^2-1)/(n^2+2)](1/N) = f(1, t)$, où n est l'indice de réfraction et N le nombre de molécules par centimètre cube, est additive dans un mélange ou dans une combinaison quelle que soit la longueur d'onde. La quantité qu'on obtient par dérivation par rapport à λ doit jouir de la même propriété; donc, d'une part $(dn/d\lambda)[n/(n^2+2)^2](1/N)$ doit être indépendant de la concentration N pour un milieu défini, et, d'autre part, une relation additive doit relier le pouvoir dispersif, l'indice de réfraction et le nombre de molécules par centimètre cube des constituants d'un mélange aux quantités correspondantes du mélange. On dispose ainsi d'un deuxième invariant de réfraction.

La proportionnalité du pouvoir dispersif à la concentration se vérifie bien pour les diverses solutions dont les indices figurent sur les Tables de Landolt. La constance des deux invariants permet d'évaluer l'indice et le pouvoir dispersif du soluté pur, connaissant ceux de diverses solutions diversement concentrées ou inversement.

On vérifie aussi pour des liquides miscibles en toutes proportions que l'indice du mélange peut se calculer par la relation de Lorentz-Lorenz, et que le pouvoir dispersif du mélange peut se calculer d'après les proportions grâce au deuxième invariant.

Ces considérations ne semblent plus valables à l'intérieur d'une bande d'absorption.

Application à la polarisation rotatoire magnétique. — 1° La proportionnalité de $dn/d\lambda$ à $[(n^2+2)^2/n]$N permet de déduire la formule de Malleman (proportionnalité de la biréfringence rotatoire magnétique à $[(n^2+2)^2/n]$ N quel que soit l'état physique) de la théorie de Becquerel [proportionnalité de cette biréfringence à $\lambda^2(dn/d\lambda)$]. La loi de Biot (proportionnalité de la rotation à la concentration d'une solution) s'en déduit aussi directement.

2° Les rotations magnétiques du quartz suivant l'axe et de la silice dans les mêmes conditions sont dans un rapport 1,16 (¹). Ce rapport est à peu près celui des $dn/d\lambda$, 1,14, ainsi que celui des $[(n^2+2)^2/n]$N, 1,13. Plutôt que Λ/d, c'est $\Lambda/d\,[n/(n^2+2)^2]$ ou $(\Lambda/d)/(dn/d\lambda)$ qui est spécifique d'une molécule.

(¹) A. Cotton, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1166.

SPECTROSCOPIE. — *Sur une raie d'intercombinaison de l'hélium.* Note de MM. **Jean Brochard** et **Pierre Jacquinot**, présentée par M. Aimé Cotton.

Parmi les raies interdites très faibles de l'hélium, étudiées à Bellevue, les raies d'intercombinaison $^3P - {}^1D$ et $^1P - {}^3D$ se distinguent par le fait qu'elles ne sont pas exaltées quand on augmente la densité de courant dans le tube. Aussi était-il intéressant de connaître la nature de ce rayonnement non forcé. Ces raies sont les plus faibles et les plus rapprochées de leurs voisines intenses, et l'étude de leur effet Zeeman est plus délicate. Seule la raie jaune $2\,{}^3P_{1,2} - 3\,{}^1D$ 5874,48 Å voisine du groupe $2\,{}^3P - 3\,{}^3D$(5875,96 Å-5875,60 Å) (intensité relative $\sim 3.10^{-4}$) a pu être étudiée. Il est nécessaire d'étudier à la fois l'effet Zeeman transversal et l'effet Zeeman longitudinal afin d'éviter des ambiguïtés analogues à celles que nous avons signalées pour d'autres raies interdites de l'hélium [1].

La décomposition transversale a été obtenue au moyen du tube de 150^{cm} placé dans l'électro-aimant suivant une disposition déjà décrite [1]. C'est *le quadruplet normal* [2] [(1), (2)] du rayonnement quadrupolaire.

La décomposition longitudinale, par contre, ne pouvait être étudiée dans l'électro-aimant à cause de la nécessité de viser *en bout* un tube suffisamment long placé *parallèlement* aux lignes de force, afin d'avoir une auto-absorption suffisante de la raie intense. Nous avons donc utilisé un tube de 50^{cm} de long placé dans un solénoïde donnant un champ de 7000 gauss. Le tube était alimenté en haute fréquence sous une puissance de 750 W. Pour la valeur du champ magnétique utilisé, les composantes sont à la limite de résolution, mais, en séparant les composantes circulaires de sens inverse à l'aide d'une lame quart d'onde suivie d'un biréfringent, on peut faire une bonne mesure de l'écart des deux composantes observées. On peut ainsi conclure avec certitude que leur déplacement n'est pas le double de l'écart normal, ce qui serait le cas pour une raie dipolaire ayant la décomposition transversale observée, et qu'il est, à la précision des mesures, égal à l'écart normal, ce qui est le cas d'une raie quadrupolaire ayant la décomposition transversale observée.

L'effet Zeeman observé est donc en tous points celui d'une raie de quadrupole. Ce résultat est surprenant. En effet cette raie n'est interdite comme dipolaire que par la règle de sélection $\Delta S = 0$ qui n'est pas rigoureuse, compte tenu des interactions de spin. Par contre elle est, comme quadrupolaire, interdite en outre par la règle des parités (qui, dans ce cas est l'inverse de la règle classique de Laporte), règle qui n'est violée par aucune raie quadrupolaire

[1] *Ann. de Phys.*, **20**, 1945, p. 509.

[2] Les niveaux $^3P_{1,2}$ et $^3D_{1,2,3}$ subissent tous deux dans le champ un effet Paschen-Back total.

connue. Les raies quadrupolaires du plomb et des alcalins et la raie aurorale proviennent toutes, intercombinées ou non, de termes de même parité.

Quant aux raies d'intercombinaison d'effet Zeeman connu [comme certaines raies du mercure ([3])] provenant de termes de parités différentes, elles sont dipolaires.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Influence du méthyle sur la répartition électronique du benzanthracène. Applications aux propriétés cancérigènes.* Note ([1]) de Mlle **Monique Martin.**

Otto Schmidt a supposé que dans les molécules cancérigènes existe une zone de densité électronique supérieure à un certain seuil ([2]).

Swartholm, à ce sujet, a pensé que la région précitée devait avoir une certaine aptitude pour les réactions d'addition de molécules ([3]).

En application de ces idées de bases, R. Daudel et A. Pullman ont étudié les conditions d'additivité et montré qu'en général une région donnée d'une molécule est particulièrement apte aux réactions d'addition quand elle possède deux sommets chargés ou une liaison chargée, ou mieux une liaison chargée comprise entre deux sommets chargés ([4]).

A. Pullman a cherché si de telles zones se rencontraient dans les carbures cancérigènes ([5]) et a attiré l'attention sur la région mésophénanthrénique des dérivés du benzanthracène. Cette étude a été faite en appliquant la méthode de calcul de l'influence des substituants ([6]).

R. Daudel a proposé une autre méthode de calcul de cette même influence reposant sur la notion d'hyperconjugaison ([7]).

Nous avons appliqué cette dernière méthode à l'étude des 6 et 7-méthyle 1.2-benzanthracènes.

Le tableau suivant résume les charges obtenues pour la région mésophénanthrénique des deux dérivés précités pour les différents diagrammes d'hyperconjugaison. Nous rappelons aussi dans ce tableau les valeurs obtenues sur les diagrammes ordinaires, pour cette même région, lorsqu'on utilise la méthode des diagrammes moléculaires ([8]).

([3]) P. Jacquinot, *Ann. de Phys.*, **9**, 1938, p. 236.

([1]) Séance du 16 septembre 1946.

([2]) *Z. Phys.*, **39**, 1938, p. 59; **42**, 1939, p. 83; **44**, 1939, pp. 185-193; *Naturwiss.*, **29**, 1941, p. 146.

([3]) *Arkiv f. Kemi. Min. Geol.*, **15**, 1941, n° **13**.

([4]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, pp. 201-202.

([5]) A. Pullman, *Thèse.*

([6]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 392-394.

([7]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 797-799; *Annales des Pays-Bas* (sous presse). *Revue Scientifique* (sous presse).

([8]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 663-664; A. et B. Pullman, *Experientia* (sous presse).

Formules.	Dérivé 6.	Dérivé 7.
Monoexcitées	1,322	1,322
Biexcitées	1,270	1,270
Monohyperconjuguées	1,715	1,255
Bihyperconjuguées	1,210	1,310

Sans préciser les poids des différents diagrammes, on voit qu'il est probable de trouver pour la région mésophénanthrénique du dérivé 6, une charge supérieure à celle de la même région du dérivé 7.

Ce résultat explique peut-être pourquoi le dérivé 6 est cancérigène alors que le 7 ne l'est pas.

Nous donnons, à titre indicatif, le tableau des charges obtenues en tenant compte des poids respectifs des différentes formules, calculés par la méthode précédemment envisagée ([6]).

	Dérivé 6		Dérivé 7	
Formules.	poids.	charges.	poids.	charges.
Monoexcitées	36,08	47,69	35,86	47,40
Biexcitées	46,81	59,45	46,93	59,60
Monohyperconjuguées	3,92	06,70	4,14	05,19
Bihyperconjuguées	13,19	16,00	13,07	17,12
Sommes		129,84		129,31

Les valeurs obtenues sont pour le dérivé 6 : 129,84; pour le dérivé 7 : 129,31.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le seminitrile diphénylhydroxysuccinique.* Note ([1]) de MM. **Paul Cordier** et **Jacques Moreau.**

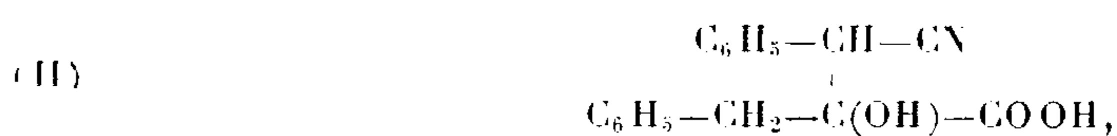
Nous avons montré dans une précédente Communication que l'hydrolyse du semi-nitrile diphénylhydroxysuccinique (I)



effectuée en milieu acétique en présence d'acide chlorhydrique, donnait naissance à l'anhydride diphénylmaléique ([2]).

Nous avons constaté depuis que cette même transformation peut être réalisée dans de bonnes conditions (Rdt 70 %) sous l'action seule de l'acide acétique à 100°.

En vue de comparer les résultats obtenus avec ceux donnés par le seminitrile phénylbenzylhydroxysuccinique (II) ([3])



([1]) Séance du 23 septembre 1946.

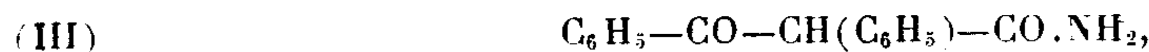
([2]) P. Cordier et J. Moreau, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 621.

([3]) P. Cordier et J. Moreau, *ibid.*, **217**, 1943, p. 199.

nous nous sommes proposé d'examiner l'action de l'acide sulfurique sur le corps en question.

A la température ordinaire le seminitrile diphénylhydroxysuccinique est rapidement attaqué par l'acide sulfurique concentré, le produit se dissout avec formation d'une coloration jaune orangé, et l'on perçoit un léger dégagement gazeux. Au bout de quelques minutes le liquide sulfurique versé dans l'eau abandonne un précipité jaune qui est recueilli par filtration et lavé avec une solution de bicarbonate de potassium. Ce précipité est constitué par un mélange d'anhydride diphénylmaléique et d'un composé azoté. Nous avons pu séparer les deux corps par traitement par de la soude au 1/10 à froid, qui dissout presque tout l'anhydride et laisse le composé azoté, que l'on purifie par cristallisation, dans l'alcool éthylique dilué.

Nous avons ainsi obtenu : *a.* un composé non azoté F 156° présentant toutes les propriétés de l'anhydride diphénylmaléique; *b.* un composé azoté F 173°-174° donnant en liqueur alcoolique une coloration violet foncé avec le perchlorure de fer, dégageant de l'ammoniaque sous l'action de la soude à chaud; ce corps présente les propriétés de l'amide β-cétonique (III)



(III) $C_6H_5—CO—CH(C_6H_5)—CO.NH_2$,

particulièrement bien étudié par différents auteurs ([4]) ([5]). En vue de vérifier l'identité de la substance *b*, nous en avons effectué la synthèse selon le premier procédé de Walther et Schickler ([4]); la condensation du cyanure de benzyle avec le benzoate d'éthyle en présence d'éthylate de sodium au sein de l'éther anhydre ou du xylol nous a donné avec un rendement médiocre, le nitrile β-cétonique $C_6H_5—CO—CH(C_6H_5)—CN$, F 94°. Ce nitrile donne en liqueur alcoolique un précipité jaune clair avec le perchlorure de fer; son acidité permet un titrage correct par acidimétrie en présence de phénolphtaléine, fait déjà signalé par Bodroux ([6]).

Nous avons réalisé la transformation de ce nitrile en amide en le traitant par l'acide sulfurique à la température ordinaire; au bout de 24 heures la solution est précipitée par l'eau et le produit purifié dans l'alcool éthylique dilué. Le point de fusion 174° correspond à celui donné par les auteurs précédents. Ce composé est en tout point analogue à celui obtenu à partir du seminitrile diphénylhydroxysuccinique, le mélange n'accuse aucun abaissement du point de fusion; le comportement avec le perchlorure de fer est identique; nous avons vérifié que l'hydrolyse en milieu acétique par l'acide chlorhydrique conduit avec un assez bon rendement à la phénylbenzylcétone $C_6H_5—CO—CH_2—C_6H_5$ ([4]), F 58°-60°.

([4]) Walther et Schickler, *Journ. Prakt. Chem.*, 2e série, 55, 1897, p. 316.

([5]) Atchinson, Ingham et Thorpe, *Chem. Soc.*, **91**, 1907, p. 593.

([6]) *Comptes rendus*, **131**, 1900, p. 1357.

Nous avons constaté que cette cétone donne, avec le nitroprussiate de sodium, en milieu alcoolique et en présence de soude, une intense coloration rouge virant au jaune par addition d'acide acétique.

Lorsqu'on effectue l'attaque du seminitrile (I) par l'acide sulfurique à 58°-60° la proportion d'amide β cétonique (III) augmente sensiblement, celle de l'anhydride diphénylmaléique étant néanmoins prépondérante. A basse température l'on obtient surtout de l'anhydride.

Conclusion. — Le seminitrile diphénylhydroxysuccinique sous l'action de l'acide sulfurique donne naissance à un mélange d'anhydride diphénylmaléique et d'amide benzoyl-phényl-α-acétique (III). Dans ce cas particulier, nous n'avons pas isolé le composé amidé correspondant au nitrile acide comme nous l'avions observé au cours du traitement du seminitrile phénylbenzylhydroxysuccinique où, par contre, il ne se forme pas d'anhydride phénylbenzylmaléique ([7]).

Ainsi le remplacement du benzyle par le phényle semble augmenter la réactivité de la fonction cyanée vis-à-vis de l'acide sulfurique dans des conditions expérimentales identiques.

GÉOLOGIE. — *Essai d'interprétation de la courbe des terrasses marines quaternaires.* Note ([1]) de M. **Georges Choubert**, présentée par M. Charles Jacob.

Les travaux récents sur le Quaternaire, en particulier dans le massif Fenno-Scandinave ([2]), et les théories astronomiques de M. Milankowitch ([3]) permettent de considérer la théorie des mouvements eustatiques comme une explication satisfaisante pour l'ensemble des faits connus actuellement, notamment les correspondances entre les maxima des glaciations et les régressions marines d'une part, les phases interglaciaires et les transgressions marines d'autre part. Les courbes 1 et 2 calculées par M. Milankowitch d'après les variations de l'excentricité de l'orbite terrestre, les déplacements du périhélie et celles de l'axe de rotation du globe, donnent en outre une valeur de la durée absolue des quatre cycles du Quaternaire.

Confirmant la courbe des glaciations de Penck et de Brückner (courbe 3) elles n'expliquent cependant ni la disposition étagée des terrasses, ni l'importance très différente des minima régressifs dans la Méditerranée et sur les côtes atlantiques du Maroc. Ces particularités sont traduites par l'allure irrégulière de la courbe de Deperet-Lamothe (coube 4), applicable aux côtes stables

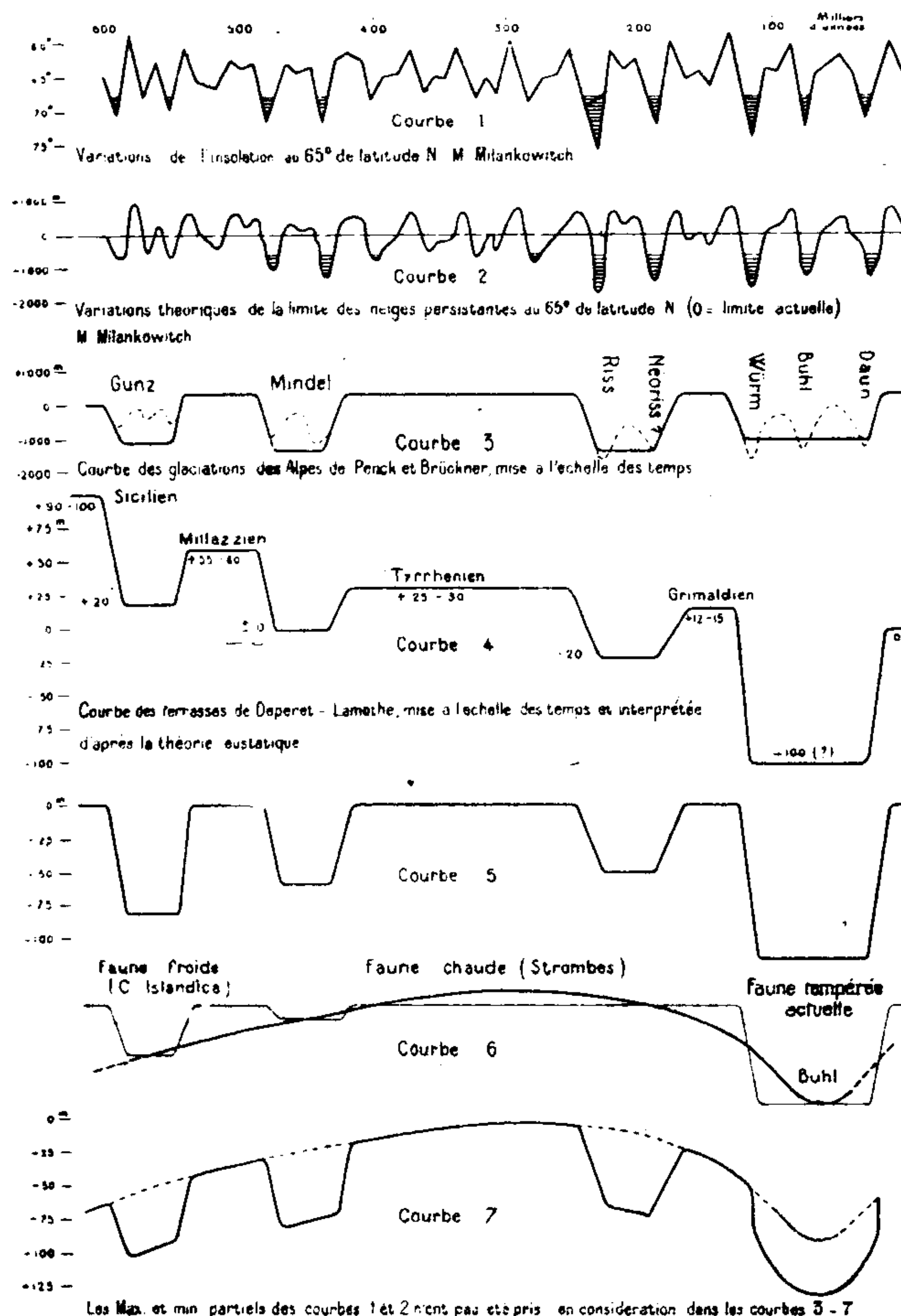
([7]) P. Cordier et J. Moreau, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 199.

([1]) Séance du 9 septembre 1946.

([2]) V. Tanner, *Bul. Comm. Geol. Finlande*, 88, 1930, avec bibliographie très complète.

([3]) *Bull. Acad. Royale Serbe*, 1923.

n'ayant pas subi d'influences particulières tectoniques (telles que subsidences ou surrections locales) ou isostasiques (comme en Fenno-Scandinavie.) Il semble donc que d'autres phénomènes d'ordre général, en plus de ceux calculés par M. Milankowitch, ont dû intervenir pendant le Quaternaire.



L'un d'eux, ou la résultante de certains d'entre eux, peut être mis en évidence en ramenant à un zéro commun les quatre maxima transgressifs (courbe 5), ce qui, dans la théorie eustatique, revient à supposer une fusion identique pendant les périodes interglaciaires. Pour supprimer l'influence eustatique des glaciations, il faut arriver à soustraire la courbe 3 de la courbe 5 malgré la différence de leurs ordonnées. Pour cela j'admettrai graphiquement l'égalité du minimum rissien (courbe 3) et du minimum régressif post-tyrrhénien (courbe 5). On obtient ainsi une courbe figurative (courbe 6), dont le maximum unique englobe l'interglaciaire Mindel-Riss (= Tyrrhénien) et partiellement le Riss. Elle comporte en outre deux minima correspondant respectivement au Sicilien et à la grande régression würmienne.

La courbe 6 doit être considérée avant tout comme une courbe climatique,

puisque son maximum correspond à la faune chaude à Strombes dans la Méditerranée (Tyrrhénien de M. Gignoux) et à celle, également chaude, à *Elephas antiquus* et *Hippopotamus amphibius* en Europe. C'est aussi le maximum eustatique indiquant une fusion complète (ou tout au moins maxima) des calottes glaciaires. Les deux minima sont ceux de la faune froide à *Cyprina islandica* (Sicilien de M. Gignoux) et tempérée (flandrienne et actuelle) en Méditerranée. En outre, le deuxième minimum correspond assez exactement au maximum froid de Bühl de l'Afrique du Nord ([4]) et au climat boréal du Magdalénien en Europe.

Il est probable que, comme celles de M. Milankowitch, la courbe 6 représente la résultante de plusieurs phénomènes simultanés. Le facteur dominant pourrait être la variation de l'intensité de la radiation solaire, évoquée par G. C. Simpson ([5]).

En reprenant le procédé graphique utilisé plus haut et en additionnant les courbes 6 et 3, on obtient une courbe complexe (courbe 7) qui doit représenter les oscillations eustatiques réelles du niveau marin en rapport avec les glaciations et les fusions des calottes glaciaires pendant les interglaciaires. Le zéro de cette courbe est voisin du zéro eustatique absolu, correspondant à la disparition complète des calottes glaciaires.

Si l'on soustrait la courbe 7 de la courbe des terrasses de Depéret-Lamothe (courbe 4), on obtient une ligne peu inclinée, tendant vers une droite, qui ne peut représenter que la réaction isostatique des continents, provoquée par le démantèlement des continents par l'érosion.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Sur les divers types de sclérites d'Holothurides oxfordiens des marnes de Villers-sur-Mer.* Note de Mme **Marthe Deflandre-Rigaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'étude micropaléontologique des sondages repose généralement sur de faibles quantités de matériaux. Elle est basée actuellement, presque uniquement, sur la recherche des Foraminifères; il semble, cependant, que la nécessité se fera sentir bientôt, et de plus en plus, de ne rien négliger du tableau microscopique offert par un sédiment donné. C'est dans cet esprit qu'ont été entreprises mes recherches sur les vestiges microscopiques des Echinodermes, qui ont fait l'objet d'une Note antérieure ([1]). Un travail récent de C. Croneis ([2])

([4]) M. Dalloni, *Bull. Soc. géogr. et archéol. prov. d'Oran*, 61, 1940.

([5]) *Nature*, 28 décembre 1929.

([1]) *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 908-910, 12 fig. Lors de son récent passage à Paris, l'éminent spécialiste danois Th. Mortensen a examiné tous les échantillons figurés dans cette Note et approuvé mes interprétations, à l'exception de la figure 12 qui représente un crochet brachial d'Euryalidé (Ophiuride) semblable à ceux dessinés par Mortensen dans ses *Studies of Indo-pacific Euryalids*, Copenhague, 1933.

([2]) *Econ. Geol.*, 32, 1942, pp. 16-38.

attire aussi l'attention sur les services que semblent pouvoir rendre à la stratigraphie ces restes microscopiques et, en particulier ceux des Holothurides. Toutefois, une difficulté apparaît pour ce qui regarde l'instauration d'une systématique de leurs sclérites fossiles. Attribuer à chacun de ceux-ci une désigna-

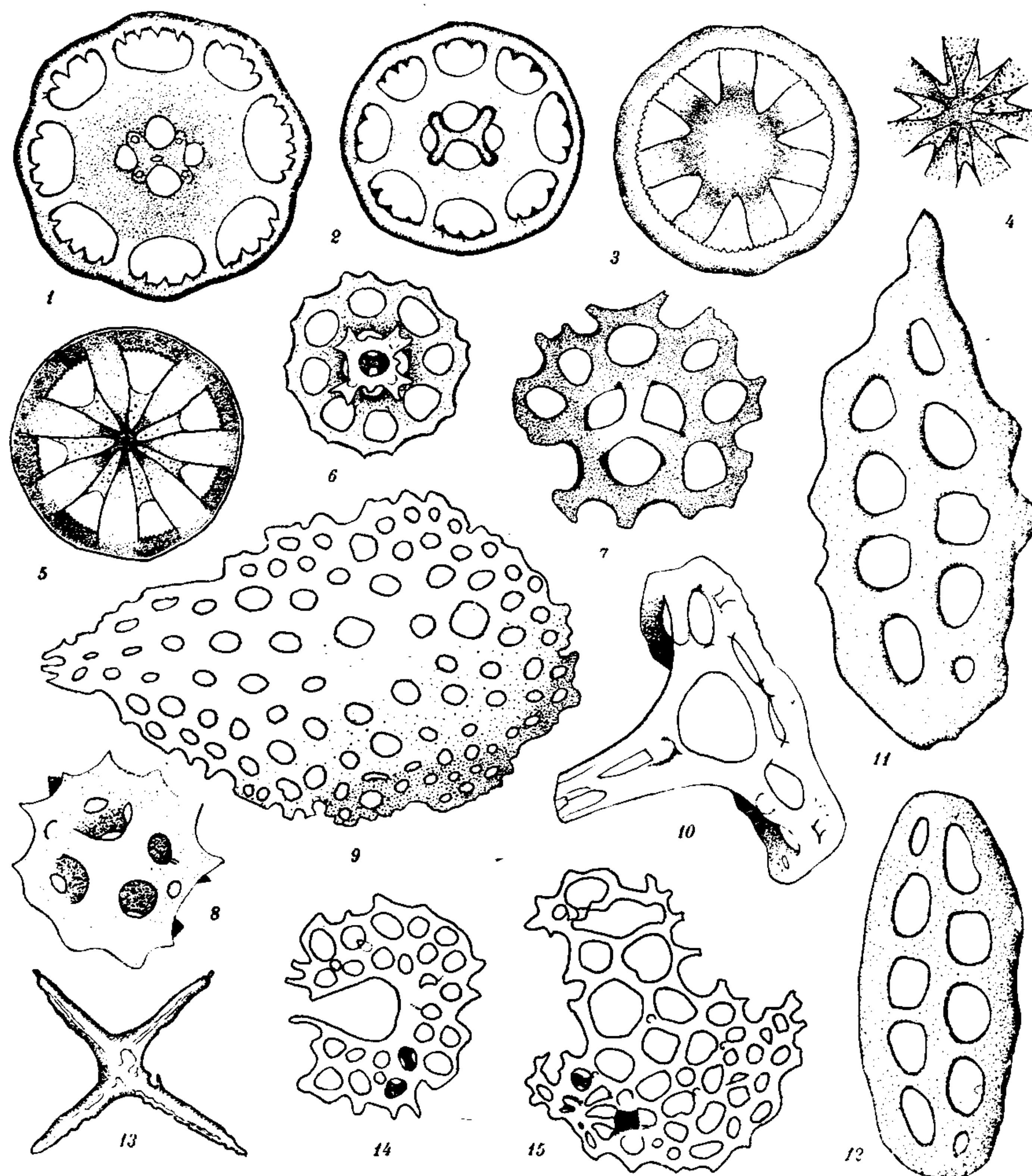


Fig. 1 à 15. — Sclérites d'Holothuries oxfordiennes. 1, 2, *Protocaudina Mortenseni* n. sp.; 3 à 5, *Chiridota speciosa* n. sp. (3, face supérieure; 4, centre de la face inférieure du même ex., vue par transparence); 6, *Priscopedatus affinis* nom. nov.; 7, *P. Schlumbergeri* n. n.; 8, *P. pinguis* n. n.; 9, *P. dubius* n. n.; 10, *P. cf. pyramidalis* Schlumbr. (vue latérale oblique); 11, *P. clavatus* n. n.; 12, *P. ellipticus* n. n.; 13, *P. solidus* n. n.; 14, *P. collaris* n. n.; 15, *P. angulatus* n. n. Marnes de Villers-sur-Mer, Calvados. Gross. 400.

tion spécifique semble vain aux biologistes. H. Ludwig ([3]), dès 1892, s'était opposé aux attributions génériques de Schwager et de Schlumberger. Une opinion semblable ressort de l'étude critique de Th. Mortensen ([4]). On sait, en

([3]) *Die Seewalzen*, *Bronn's Thierreich*, Leipzig, 1889-1892.
([4]) *Senckenbergiana*, **20**, 1938, pp. 342-345.

effet, qu'un type de sclérite peut se rencontrer dans plusieurs genres d'Holothuries vivantes, et aussi que certaines espèces possèdent plusieurs types de sclérites réunis sur le même individu. Néanmoins, les micropaléontologistes qui éprouvent le besoin de distinguer et de reconnaître ensuite les sclérites fossiles ne peuvent éviter la création de dénominations particulières pour chaque type. Les spécialistes américains, comme aussi ceux de l'Europe centrale, sont déjà entrés plus ou moins avant dans cette voie, obtenant des résultats stratigraphiquement intéressants, au moins dans un domaine limité [H. Bartenstein (5), K. Frentzen (6)].

Donnant suite au vœu exprimé dès 1932 par C. Croneis et J. Mac Cormack (7), j'ai attribué des dénominations spécifiques aux divers types de sclérites des Holothurides oxfordiens des marnes de Villers (*fig.* 1 à 15), en les classant dans les genres admis par ces deux auteurs. Dans certains cas (*Protocaudina*, peut-être *Chiridota*), on peut admettre qu'il s'agit de véritables espèces nouvelles. Je considère, par contre, les épithètes des *Priscopedatus* comme constituant, accolées à ce nom, de simples étiquettes, créées uniquement dans un but pratique, ce que j'ai fait ressortir dans ma légende par l'emploi de *nom. nov.* au lieu de *nov. spec. Priscopedatus* n'est d'ailleurs pas un genre naturel, mais plutôt un pseudo-genre, à signification seulement morphologique, analogue, par exemple, à *Palæoperidinium* Defl., et dans lequel, contrairement à son étymologie, peuvent entrer à la fois, des sclérites d'Holothurides Pedata et Apoda.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Radiolaires et Hystrichosphæridés du Carbonifère de la Montagne Noire*. Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les couches de lydiennes du Viséen inférieur de la Montagne Noire sont riches en nodules phosphatés, dans lesquels les microfossiles sont souvent conservés, alors que la masse siliceuse des lydiennes n'en montre que des traces, parfois à peine perceptibles. Rüst (1) a étudié autrefois les Radiolaires de ces nodules, considérés à son époque comme siluriens. Böhm (2) a soumis des lames minces de ces mêmes roches à l'examen de L. Cayeux qui « n'y a reconnu que des espèces pélagiques : *coquilles fines à gros pores, le plus souvent à longues épines délicates* ». L'étude de ces formations, reprise à la fois sur des lames minces et *par dégagement des microfossiles après attaque du phosphate*, modifie cette impression et apporte aussi d'autres enseignements.

(5) *Senckenbergiana*, 20, 1938, pp. 290-292.
(6) *Jahrb. Miner. Geol. Paleont. Monatsch.*, Abt. B, 1944, pp. 99-104.
(7) *Journ. of Paleont.*, 6, 1932, p. 111; 148; Pl. 15-21.

(1) *Palæontographica*, 33, 1892, pp. 107-200, Pl. 6 à 30.
(2) *Études sur les faunes du Dévonien supérieur et du Carbonifère inférieur de la Montagne Noire*. Montpellier, 1935, 203 p., 10 Pl.

Radiolaires. — Les modes, très variés, de fossilisation des Radiolaires mériteront d'être décrits en détail. La possibilité d'extraire, de la gangue phosphatée, des individus entiers, bien dégagés, en facilite considérablement l'étude. Ceci n'avait pas encore été réalisé en France pour des Radiolaires paléozoïques. Sujkowski ([3]) paraît être le seul à avoir obtenu des résultats

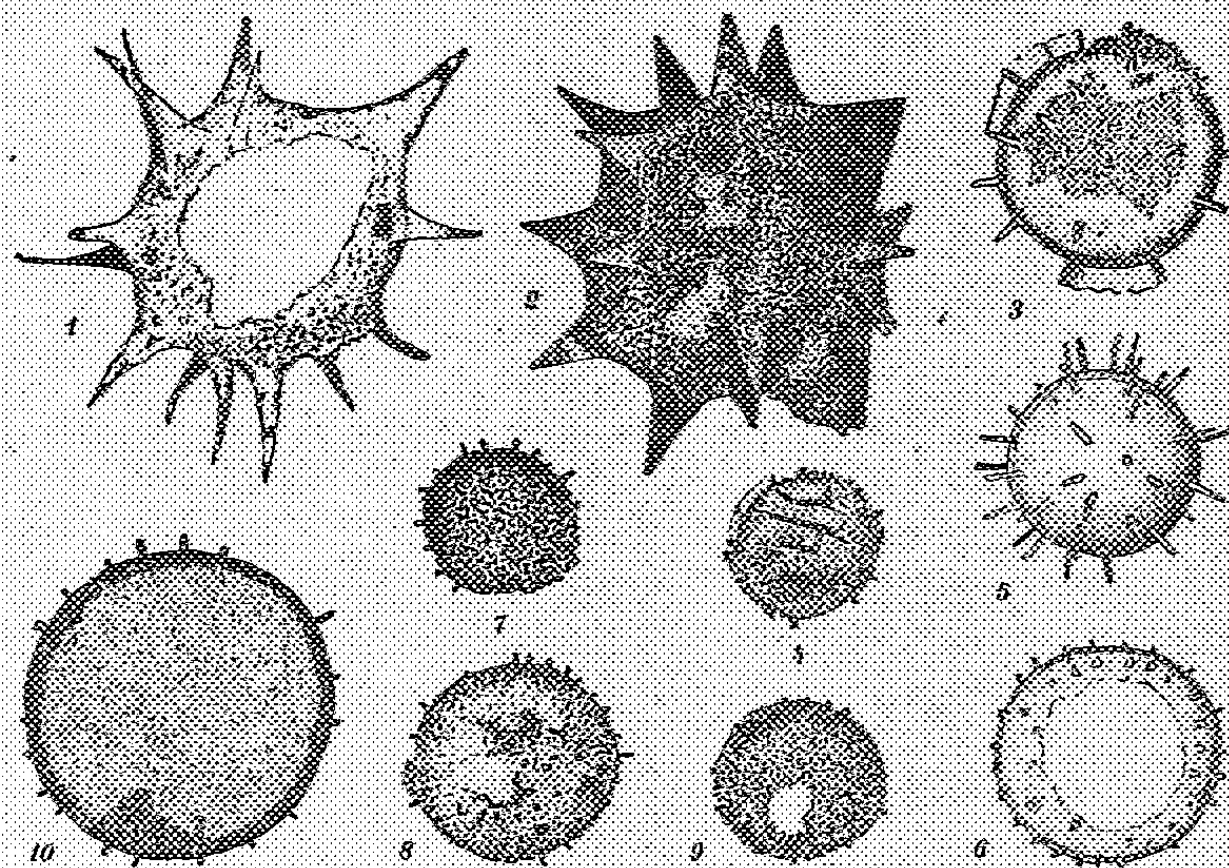


Fig. 1 à 10. — Hystrichosphères des nodules phosphatés viséens. 1, 2, *Micrhystridium cf. stellatum* Defl.; 3, *M. cf. tenuissimum* Defl. f. *major* n. f.; 4, *M. cf. tenuissimum* Defl.; 5, *M. bacilliferum* n. sp.; 6 à 9, *M. parvispinum* n. sp.; 10, *M. parvispinum* Defl. f. *major* n. f. (1 et 4 à 10 : Cabrières; 2, Saint-Nazaire-de-Ladarez; 3, Les Granges, Hérault). 2, ex. dégagé par HCl; les autres *in situ* dans des lames minces. Gross. 1750 env.

analogues, sur un matériel semblable au nôtre et d'âge voisin, apparemment plus favorable encore. Malheureusement, les maigres données micropaléontologiques qu'il en a tirées se réduisent à une série de dessins prometteurs, mais très schématiques et si anormalement petits qu'il n'a pas paru possible de les reproduire dans le Fichier micropaléontologique ([4]).

Le seul examen de lames minces des nodules phosphatés donne une idée incomplète et fausse de leur microfaune de Radiolaires. Il en est exactement de même si l'on n'étudie que les spécimens dégagés. Mais, grâce à cette seconde méthode, on constate l'existence de nombreuses *coquilles très robustes, souvent pourvues de fortes cornes*, comme en avait d'ailleurs déjà trouvé Rüst. La liste donnée par ce dernier offre un tableau différent de ce que j'ai d'ores et déjà observé. Elle ne comporte que des *Sphærellaria*, alors que diverses espèces de *Cyrtellaria* sont communes dans mes préparations. La microfaune viséenne de

---

([3]) *Bull. Serv. Géol. Pologne*, 4e série, 7, 1933, pp. 637-711, Pl. 29-31.

([4]) G. Deflandre et Mme M. Deflandre-Rigaud, *Radiolaires du Paléozoïque et du Trias. Arch. origin. Serv. Docum. C. N. R. S.*, 188, 1944, fiches I-XX et p. 255-751.

la Montagne Noire s'apparente donc bien à celle du Carbonifère du Massif de Sainte-Croix (Pologne) vue par Sujkowski, et ceci contrairement à ce que pouvait laisser supposer la vieille liste de Rüst.

Hystrichosphæridés. — J'ai pensé reconnaître dans les *organismes douteux*, très insuffisamment figurés par Sujkowski (*loc. cit.*, p. 653, *fig.* 1), des représentants carbonifères du groupe des Hystrichosphæridés, *non encore signalé à cet étage*. Systématiquement recherchées dans mes matériaux, des Hystrichosphères de très petite taille y ont en effet été trouvées, fossilisées à l'état de matière organique brunâtre ou noirâtre, parfois entièrement noire. Diverses espèces ornementées (*fig.* 1 à 10) sont accompagnées de formes lisses ou à membrane finement ponctuée ou scabre, de 9 à plus de 60 μ de diamètre. Rien ne permet, actuellement, de préciser la position systématique de ces microorganismes : le problème général des Hystrichosphères, que j'exposerai ailleurs, est irrésolu. Des espèces carbonifères s'apparentent morphologiquement à des formes siluriennes ([3]) auxquelles elles sont rapportées dubitativement, des noms nouveaux n'étant proposés que pour les espèces réellement trop différentes de celles déjà connues.

HISTOLOGIE. — *Sur l'existence de formations ganglionnaires argentaffines dans le cæcum des singes cynomorphes. Le système cæcal argentaffine autonome.* Note de M. FRÉDÉRIC GLUCKMANN, présentée par M. Robert Courrier.

On sait que la région interne du sommet du cæcum des singes de l'Ancien Monde est sujette à des contractions brusques périodiques. Ces contractions sont dues à l'action conjuguée des fibres musculaires circulaires de la pointe et des fibres longitudinales de l'extrémité des bandelettes, et ont pour résultat la création d'un diverticule étroit et étanche, qui réalise de manière éphémère l'ébauche de l'appendice cæcal (voir *fig.* 1 et 2).

La pointe du cæcum des singes est une région où l'appareil nerveux sympathique est très développé et où la musculature est plus épaisse que celle de la base (voir *fig.* 3). Le fait qui plaide anatomiquement en faveur de l'hypothèse que ce diverticule représente réellement l'ébauche de l'appendice véritable, est qu'il présente *deux couches musculaires*, la couche circulaire interne propre du cæcum et une couche externe longitudinale, presque continue, fournie par les dernières expansions des bandelettes musculaires, exactement comme l'appendice différencié (voir *fig.* 1 et 2).

Expérimentalement, on prouve que le phénomène contractile de l'apex cæcal des singes jouit d'un automatisme neuro-musculaire complet, car il se produit aussi bien sur le cæcum *isolé*, et maintenu dans du sérum chaud.

([3]) G. DEFLANDRE, *Comptes rendus*, 215, 1942, pp. 475-476, 16 fig.; *Ann. Paléont.*, 31, 1944-1945, pp. 41-75, 41 fig., Pl. 1-3.

Or, traitant tout récemment, par notre méthode de détection rapide des cellules argentaffines, une série de cæca frais de singes de ce groupe (du genre Papio), provenant de l'Institut Pasteur, nous avons constaté qu'au niveau du bord

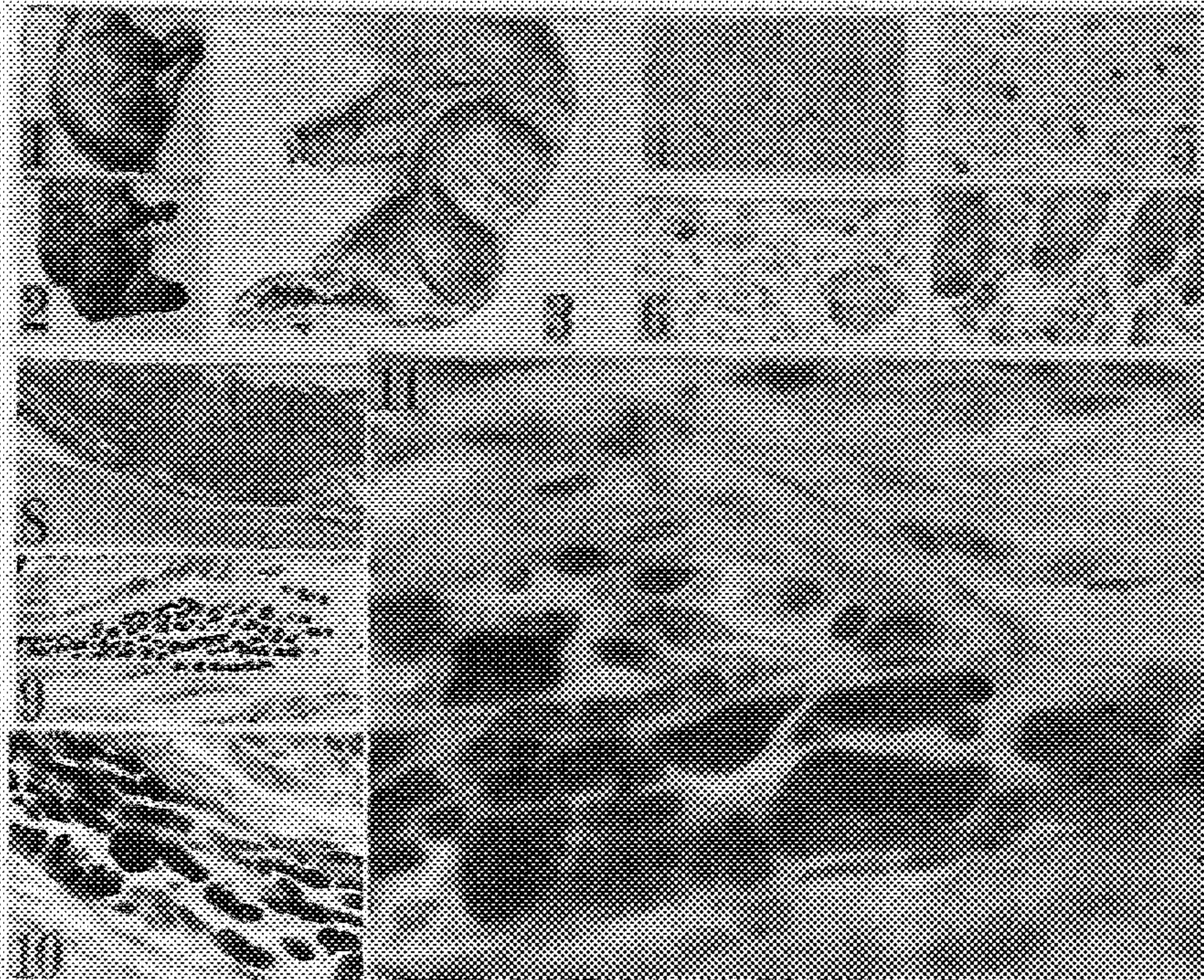


Fig. 1. Cæcum de singe cynomorphe (*Papio cynocephalus*), en état de dilatation modérée. Les deux bandelettes s'anastomosent entre elles à la pointe cæcale, qu'elles atteignent à sa partie interne, après s'être étalées largement. — Fig. 2. Cæcum de singe cynomorphe (*Semnopithecus entellus*), en état de contraction (partielle). On reconnait la bandelette postérieure qui recouvre toute la face postérieure du diverticule ainsi créé. — Fig. 3. Cæcum en contraction appendiculisante (coupe frontale). L'épaisseur de la musculature apicale est appréciable. Pièce conservée dans le formol et rétractée; sur le vivant, la lumière circonscrite par le diverticule est complètement virtuelle. — Fig. 4 et 5. Cellules argentaffines humaines et cellules argentaffines de Babouin (*fig.* 5), vues au même grossissement (50 ×). Remarquer la différence de volume du stock granulaire dans les deux genres de cellules (argentation à chaud, 5 m.). — Fig. 6 et 7. Autres préparations comparatives similaires vues à un grossissement plus fort (120 ×). — Fig. 8. Vue d'ensemble du grand ganglion argentaffine central du cæcum de Babouin (16 ×). Imprégnation à chaud, 5 m. — Fig. 9 et 10. Détail du ganglion argentaffine (60 × et 200 ×). On voit clairement les grains dans les prolongements cellulaires. — Fig. 11. Fragment de ganglion argentaffine de Babouin vu à un fort grossissement (1000 ×). Remarquer le long de la fibrille, qui traverse la préparation en haut et à droite et qui émerge du ganglion, un nombre de 4 ou 5 grains réducteurs de taille réduite et très réguliers, *semblables à ceux des cellules argentaffines des glandes*. Imprégnation à chaud, 2 m.

interne de la poche cæcale, le long de l'insertion du mésentère, se trouve une vaste formation ganglionnaire, englobée entre la couche sous-muqueuse et la musculature, et contenant un nombre considérable de cellules nerveuses d'aspect interstitiel, précisément de ces éléments qui sont reconnus capables de constituer des points de réflexion pour des arcs reflexes complets et courts; de plus, ces éléments renferment de nombreuses granulations chromaffines

réduisant fortement le complexe d'argent ammoniacal. Cette propriété est unique pour l'ensemble des éléments du système nerveux (voir *fig.* 8-11).

Ces granulations, uniformément réparties dans le cytoplasme cellulaire et jusque dans ses prolongements, semblent être de la même nature que les granulations des cellules argentaffines des glandes, dont elles diffèrent par leur plus grande taille et par leur contour irrégulier.

Il est possible que ces formations ganglionnaires, d'un type très spécial, représentent le substratum ou un des dispositifs anatomiques, hypertrophié et différencié, du nœud primitif de l'automatisme cæcal, déterminant du phénomène contractile. Cette hypertrophie traduirait l'adaptation de ces dispositifs aux conditions mécaniques modifiées par le changement de direction du cæco-colon droit (devenu ascendant la plus grande partie de la journée chez les singes de ce groupe), et qui doit fournir un travail neuro-musculaire accru.

Les cellules argentaffines des glandes ont dans le cæcum des singes une taille, mais surtout un stock granulaire, plus considérables que les cellules argentaffines de l'homme (voir les figures comparatives 4-7).

Parmi cinq cæca examinés, nous avons trouvé, dans les cryptes glandulaires, les cellules argentaffines banales bourrées de granulations spécifiques *toutes les fois qu'il s'agissait d'organes dilatés* (3 cas), alors que dans les deux autres cas, où le cæcum a été fixé *en état de contraction appendiculisante,* ces granulations étaient très réduites en nombre ou complètement absentes.

Cette constatation, si elle est corroborée par un nombre plus important d'observations, permettrait d'inférer que la contraction apicale *s'accompagne de l'émission des granules argentaffines* (voir *fig.* 11).

L'activité des cellules argentaffines des glandes, — qui prendraient alors figure d'éléments paraganglionnaires unicellulaires élaborant un médiateur chimique stimulant, — apparaîtrait ainsi comme un facteur primordial dans les cycles fonctionnels de l'appendiculisation contractile.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les modifications d'ordre circulatoire dans le cerveau au cours du pyruvisme expérimental.* Note (1) de Mme **Nadine Dobrovolskaïa-Zavadskaïa.**

Dans le syndrome provoqué chez la Souris par le pyruvate de Na (2), les phénomènes nerveux jouent un très grand rôle : somnolence, crampes dans les jambes, ataxie, crises convulsives, paralysie des extrémités, etc. Des symptômes analogues caractérisent le béri-béri expérimental. Les études histologiques du système nerveux des pigeons ayant succombé à l'avitaminose B_1

(1) Séance du 23 septembre 1946.

(2) N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 248.

[L. Swank et M. Prados ([3])] ont révélé une dégénérescence centripète des neurones, modification des cellules des noyaux centraux (cellules en corbeille), de l'épithélium labyrinthique ainsi que de la vaso-dilatation et des hémorragies périvasculaires, surtout dans les régions renfermant des neurones dégénérés. D'autre part, les études chimiques de ces cerveaux, commencées en 1930 avec la découverte d'une réaction *in vitro* de l'aneurine avec les tissus du cerveau privé de cette vitamine (augmentation de la fixation d'oxygène), ont révélé une relation avec le métabolisme de l'ion pyruvique. D'après R. A. Peters ([4]), la *lésion biochimique* de l'avitaminose B_1 se traduit par la perte de respiration du tissu cérébral du fait de l'accumulation des acides lactique et pyruvique.

Le syndrome reproduisant le béri-béri expérimental ([2]) a été obtenu par le pyruvate seul; il peut être aggravé par l'administration simultanée du NaCl ([5]) qui, à lui seul, est également capable de donner une série de symptômes nerveux ([6]).

Cette Note est basée sur 42 expériences dont 15 ont été faites avec du pyruvate seul, 5 avec du chlorure de sodium seul, et 22 avec ces deux produits en combinaisons variées. Le dispositif expérimental a déjà été décrit dans les publications mentionnées plus haut. Les cerveaux des animaux morts au cours de ces expériences ont été prélevés en totalité (l'hypophyse à part avec la base du crâne), fixés avec du liquide Duboscq-Brasil, inclus dans de la paraffine, et les coupes ont été colorées à l'hématéine-éosine.

Au microscope, on trouve, pour le pyruvate seul, de l'hypérémie qui est peut-être un peu moins prononcée qu'avec le chlorure de sodium seul (macroscopiquement, le cerveau est plus rouge dans ce dernier cas); on ne note pas d'œdème diffus, mais une dilatation plus ou moins considérable des espaces périvasculaires et péricellulaires. Sur les figures ci-contre, on voit des cerveaux avec des trous contenant un vaisseau à l'intérieur. Les vaisseaux plus gros contiennent encore du sang, mais les petits vaisseaux et les capillaires semblent complètement comprimés sous la pression du liquide accumulé en dehors de leur paroi. Ce phénomène est le plus prononcé quand le pyruvate et le chlorure de sodium agissent concurremment.

L'hypophyse est en général nettement hypérémiée, œdémateuse et présente souvent des hémorragies interlobaires, intratissulaires ou bien au voisinage sur la base du crâne.

Dans trois cas, nous avons administré de la vitamine B_1 ensemble avec du pyruvate de Na et dans un cas, de la vitamine PP avec de l'acide pyruvique. Les vitamines n'ont pas sauvé la vie des animaux traités, mais leurs cerveaux se

([3]) *Arch. Neurol. and Psych.*, **47**, 1942, pp. 97 et 626.
([4]) *Conférence à la Société de Chimie biologique*, Paris, 7 mai 1946.
([5]) N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa et V. Momsikoff, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 935.
([6]) N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa et V. Momsikoff, *Bull. Acad. Méd.*, **126**, 1942, p. 328.

présentent beaucoup moins altérés que sans vitamines. Cela semble autoriser la conclusion que c'est bien l'ion pyruvique qui est la cause des troubles circula-

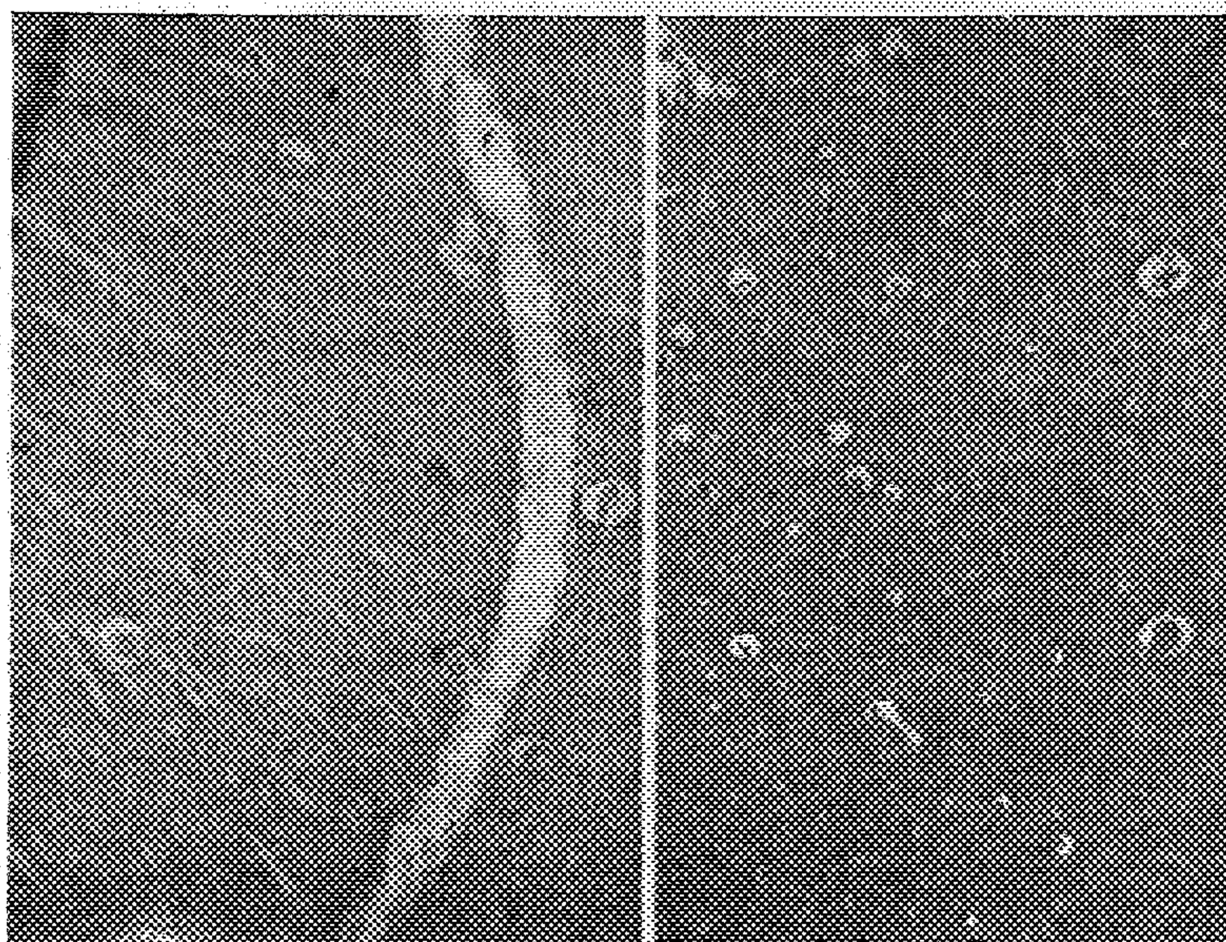


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Modification du cerveau sous l'action du pyruvate seul : espaces élargis autour des vaisseaux.
Fig. 2. — Cerveau traité par le pyruvate et chlorure de Na : coupe criblée d'espaces périvasculaires et péricellulaires élargis.

toires, décrits plus haut, dans le cerveau. C'est, peut-être, justement un corollaire histologique de la *lésion biochimique* qui, d'après Peters, se traduit par la perte de respiration du tissu cérébral. Sans préjuger des modifications possibles du cerveau lui-même, les phénomènes circulatoires relatés peuvent déjà expliquer, en partie du moins, les symptômes observés au cours du pyruvisme expérimental (7).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Narcose et précipitation des lipoïdes cellulaires*. Note (1) de MM. **Maurice Dodé**, **Pierre Gavaudan** et Mlle **Hélène Poussel**, présentée par M. Paul Lebeau.

Ostergren (2) a mis en lumière l'existence de certaines analogies entre les phénomènes de mito-inhibition et, en conséquence, de narcose (3), et le phéno-

(7) Ce travail a été fait en partie sous les auspices de l'*International Cancer Research Foundation*.

(1) Séance du 2 septembre 1946.

(2) *Hereditas*, 30, III, 1944, p. 439.

(3) Gavaudan, Dodé et Poussel, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 407.

mène de la précipitation du benzène de ses solutions aqueuses par addition d'un troisième corps, soluble à la fois dans le benzène et dans l'eau, comme le toluène ou l'acénaphtène par exemple. Un tel fait suggère que la narcose *par les narcotiques indifférents*, que l'on présume agir sur les phases lipoïdiques de la cellule, pourrait être due à une précipitation de lipoïdes en certains points non encore précisés de la cellule vivante. C'est là une éventualité qui a été envisagée par Ostergren lui-même, et qui a conduit ce savant à émettre l'idée que la mito-inhibition était due à un « repliement des chaînes protéiques » du fuseau de caryocinèse sous l'action « d'une sorte de précipitation interne » des chaînes lipophyles de ces protéines.

Comme nous l'avons montré ([1]), toute théorie de la narcose doit remplir un certain nombre de conditions imposées par la thermodynamique. Il importait donc de rechercher si les phénomènes de précipitation en question satisfaisaient à ces conditions. Nous allons voir qu'il en est bien ainsi, mais qu'il faut, pour cela, qu'il y ait une précipitation véritable du lipoïde et non pas simplement une « sorte de précipitation interne des chaînes lipophyles » faisant partie intégrante des molécules protéiques.

Examinons donc les conditions de précipitation d'un corps A, tel du benzène, dissous dans un solvant C, tel de l'eau, par addition d'un troisième constituant B, tel de l'acénaphtène, soluble dans les deux premiers, le solvant C étant en outre pratiquement insoluble dans A et B. Mis en présence, ces trois corps pourront fournir deux phases : A et B, dissous dans C, phase φ', et A et B, dissous ensemble, phase φ''. Soient, exprimées en concentrations moléculaires, N_A^0 et N_B^0, les solubilités respectives de A et de B dans C et M_A^0 et M_B^0 celles de A et de B dans la phase binaire AB. Partant d'une solution de A dans C, de concentration N_A, ajoutons peu à peu du corps B. Si ce corps B est peu soluble dans C, cette addition ne diluera sensiblement pas la phase φ'. La concentration moléculaire N_A du corps A et par suite l'activité thermodynamique a'_A de A dans C demeureront constantes. Si l'on admet que la solution est idéale, on aura, K désignant une constante,

$$a'_A = \frac{N_A}{N_A^0} = K.$$

Quant à l'activité $a'_B = N_B/N_B^0$ du corps B, elle part évidemment de zéro et croît à mesure que nous ajoutons du corps B. Il arrivera un moment où une phase φ'' apparaîtra, sous forme d'un précipité. Les activités a'_A et a'_B seront alors respectivement égales aux activités a''_A et a''_B de ces mêmes corps dans φ''. Admettant de même que φ'' est une solution idéale et tenant compte de ce que $M_A + M_B = 1$, puisque C y est insoluble,

$$a''_B = \frac{M_B}{M_B^0} = \frac{1 - M_A}{M_B^0} \qquad \text{et} \qquad a''_A = \frac{M_A}{M_A^0}.$$

([1]) GAVAUDAN, DODÉ et POUSSEL, *Mémorial Serv. chim. État*, 31, 1944, p. 384.

Les conditions de précipitation seront donc

$$a'_B \geqq a''_B \quad \text{et} \quad a'_A \geqq a''_A,$$

soient

$$a'_B \geqq \frac{1 - M_A}{M_B^0} \quad \text{et} \quad a'_A \geqq \frac{M_A}{M_A^0},$$

d'où, *a fortiori*,

$$a'_B > \frac{1 - a'_A M_A^0}{M_B^0} \quad \text{ou} \quad a'_B > \frac{1 - K M_A^0}{M_B^0}.$$

La valeur maximum de M_B^0 étant l'unité, qui correspond à une miscibilité totale de A et B, la précipitation ne saurait avoir lieu, en aucun cas, pour une valeur de l'activité thermodynamique du corps précipitant inférieure à $1 - K.M_A^0 = 1 - K'$ et, à mesure que l'on aura recours à des corps B de moins en moins solubles dans A, la valeur de l'activité thermodynamique du seuil de précipitation augmentera. Comme elle ne peut pas dépasser l'unité, tout corps dont la solubilité dans A sera inférieure à $(1 - K')$ sera inactif.

Par ailleurs, à l'équilibre

$$a'_A M_A^0 = M_A = K' \quad \text{et} \quad M_B = 1 - M_A = 1 - K'.$$

La composition moléculaire du précipité (M_B) est donc indépendante de la nature particulière du corps précipitant et la valeur de la constante K' sera connue dès que le sera la composition du précipité. On en déduira aisément la solubilité minima M_B^0 compatible avec des propriétés précipitantes et la limite inférieure en dessous de laquelle un corps actif ne saurait être classé parmi les « précipitants indifférents ».

Ce phénomène de précipitation obéit donc exactement aux lois auxquelles doit satisfaire toute théorie de la narcose par les narcotiques indifférents ([4]) : modification donnée de l'activité thermodynamique du solvant cellulaire, qui entraîne ici la constance de la composition du précipité; nécessité d'une solubilité du narcotique supérieure à une certaine limite; existence d'un seuil inférieur pour l'activité thermodynamique à laquelle peut commencer à agir un narcotique indifférent.

Une théorie de la narcose basée sur l'existence d'un phénomène de précipitation sous l'action du narcotique est donc compatible avec les exigences thermodynamiques. Il reste à examiner quelle peut être la nature de cette précipitation. Nous verrons qu'il s'agit vraisemblablement d'une précipitation des lipoïdes des complexes lipoprotéiques.

La séance est levée à 15h30m.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 8 juillet 1946.)

Note de M. *David Libermann*, Sur le mécanisme d'action des sulfonamides :
Page 108, ligne 7, *au lieu de* aérobies, *lire* anaérobies.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de septembre 1946.

Connaissance des Temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an 1946 publiée par le Bureau des Longitudes. Paris, Gauthier-Villars, 1946; 1 vol. 24cm,5.

Les Prix Nobel en 1940-1944. Stockholm, Imprimerie Royale. P. A. Norstedt et Söner, 1946; 1 vol. 25cm.

Facultad de Ingeniera. Montevideo. Publicaciones del Instituto de Matematica y estadistica. *Fórmulas en Diferencias Finitas con aplicación a la resolución aproximada de ecuaciones diferenciales de primer orden*, par José L. Massera. Vol 1, nº 1. Montevideo, R. O. del Uruguay, 1943; 1 fasc. 24cm.

Id. *Sobre las funciones derivables. Un ejemplo de curva de Jordan cuyas proyecciones sobre tres planos ortogonales ilenan recintos*, par José L. Massera. Vol 1, nº 2. Montevideo, R. O. del Uruguay, 1944; 1 fasc. 24cm.

Id. *Sobre el fenómeno de la subresonancia*, par Alfred Rosenblatt. Vol. 1, nº 3. Montevideo, R. O. del Uruguay, 1946; 1 fasc. 24cm.

De la Mécanique ondulatoire à la théorie du Noyau, par Louis de Broglie. Tome III. Paris, Hermann et Cie, 1946; 1 vol. 25cm,5.

Revue de médecine navale (Métropole et Outre-Mer). Travaux scientifiques des médecins et pharmaciens-chimistes de la Marine. Tome I, nº 1, 1946. Paris, Imprimerie nationale; 1 fasc. 24cm.

Oléagineux. Revue mensuelle des matières grasses. Première année, nº 1. Paris, Société d'éditions techniques coloniales, 1946; 1 fasc. 27cm.

Stroomverdeeling in Versterkerbuizen, par Johan Lodewijk Hendrik Jonker. Thèse. Delft, Gedrukt bij den Technischen Boekhandel en Drukkerij Waltman (A. J. Mulder), 1942; 1 vol. 24cm.

Fluorometrische en spectrophotometrische bepaling van Lactoflavine in microorganismen, par Paulus Bastiaan Rottier. Thèse. Utrecht. Uitg. Mij. N. V. v. h. Kemink en Zoon, Domplein, 1942; 1 vol. 26cm,5.

Isomerisatie en Thermodynamische Stabiliteit van Koolwaterstoffen, par Aloysius Ignatius Marie Keulemans. Thèse, envoyée par la Technische Hoogeschool. Delft, s. d.; 1 fasc. polycopié 27cm,5.

(*à suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 OCTOBRE 1946.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **G. C. Moisil**, Ambassadeur de Roumanie à Ankara, qui assiste à la séance.

M. **Maurice Caullery** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Robert Hardouin intitulé *Le peuplement entomologique du Rosier*, dont il a écrit la *Préface*.

CHRONOMÉTRIE. — *Sur la synchronisation sous-harmonique.* Note (¹) de M. **Jules Haag**.

Dans une précédente Note (²) j'ai indiqué une méthode approchée pour l'étude de la synchronisation ordinaire. Je me propose d'étendre cette méthode à la synchronisation sous-harmonique, tout en la rendant entièrement rigoureuse du point de vue mathématique.

1. Appelons I le moment d'inertie du balancier, T' sa période propre, ω sa pulsation propre, θ l'élongation, θ' la vitesse angulaire. Les couples perturbateurs comprennent d'abord ceux qui ne dépendent que de θ et θ'; soit $I\omega^2 A(\theta, \theta')$ leur somme. En second lieu, nous avons le couple synchronisant $I\omega^2 B(t, \theta, \theta')$, de période T. Le couple perturbateur total est $I\omega^2 K(t, \theta, \theta')$, en posant $K = A + B$. Pour la commodité de la rédaction, nous l'affectons du facteur constant λ.

Posons $N' = T'/T$ et soit N le nombre entier le plus voisin de N'. Posons $\varepsilon = (N' - N)/N$.

Faisons le changement de variables défini par les formules

$$(1) \qquad \theta = y \sin\varphi, \qquad \theta' = \omega y \cos\varphi \qquad t = \frac{x + \varphi}{2\pi} NT.$$

(¹) Séance du 23 septembre 1946.

(²) *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 314-316.

Nous obtenons le système

$$(2) \qquad \frac{dx}{d\varphi} = \varepsilon + \lambda f(x, y, \varphi), \qquad \frac{dy}{d\varphi} = \lambda g(x, y, \varphi);$$

$$(3) \qquad f(x, y, \varphi) = \frac{N^2 K \sin\varphi}{N(y - K\sin\varphi)}, \qquad g(x, y, \varphi) = \frac{y K \cos\varphi}{y - K\sin\varphi}.$$

Dans K, on doit, bien entendu, remplacer θ, θ' et t par les formules (1).

2. Au système (2), nous *associons* le suivant

$$(4) \qquad \frac{dx}{d\varphi} = \varepsilon + \lambda F(x, y), \qquad \frac{dy}{d\varphi} = \lambda G(x, y);$$

$$(5) \qquad F(x, y) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} f(x, y, \varphi)\, d\varphi, \qquad G(x, y) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} g(x, y, \varphi)\, d\varphi.$$

Sous chaque signe $\int$, on doit regarder x et y comme des constantes. Le système (4) constitue une approximation du système (2). Mais il résulte d'un autre travail [3] les propriétés suivantes.

3. Considérons le point M de coordonnées cartésiennes x, y. Soit $H(x_1, y_1)$ un point commum aux deux courbes (X) et (Y), dont les équations respectives sont obtenues en annulant les seconds membres de (4). Si ce point est *stable*, c'est-à-dire si la solution $x = x_1$, $y = y_1$ du système (4) est une solution stable, au sens de Liapounoff, *le système* (2) *admet une solution périodique stable*, pourvu que λ et ε soient *assez petits*.

Si l'on considère maintenant deux solutions associées correspondant aux mêmes données initiales, la distance entre les points M et m correspondants, au bout d'un temps *fini*, est infiniment petite du second ordre, si λ et ε sont regardés comme des infiniment petits du premier ordre.

Le système (4) peut donc être substitué au système (2), d'une manière entièrement rigoureuse en ce qui concerne les solutions périodiques stables, qui sont les plus intéressantes, d'une manière approchée pour les autres solutions.

4. Dans le cas où $N = 1$, on obtient la synchronisation ordinaire. Les périodes T et T' doivent être très voisines et l'on retombe sur le cas envisagé dans la Note précitée. J'ai complété les résultats obtenus dans cette Note, en *tenant compte du défaut d'isochronisme du pendule*. En supposant qu'il n'y a pas d'échappement et que les frottements se réduisent à un frottement visqueux, on constate que, pour $\varepsilon < 0$, on peut avoir trois points de synchronisation, dont deux sont stables. *La synchronisation peut se réaliser sur l'un ou l'autre des deux points stables, en lançant convenablement le pendule.*

J'ai étudié aussi les cas des *impulsions brèves* et du *couple non sinusoïdal*.

5. La synchronisation *sous-harmonique* est obtenue pour $N > 1$, à condition

[3] *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 446.

que ε soit assez petit. En particulier, dans la *synchronisation par le secteur*, N est très grand; cela peut suffire pour assurer la petitesse exigée du rapport ε, dont la valeur absolue est au plus égale à $1/2N$.

Si la fonction B est de la forme $H(\theta)\sin(2\pi t/T)$, les fonctions F_1 et G_1 correspondantes sont données par les formules suivantes, dans le cas où N est *pair* :

$$(6) \qquad F_1(x, y) = P(y)\sin Nx; \qquad G_1(x, y) = Q(y)\cos Nx;$$

$$P(y) = \frac{1}{\pi y}\int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} H(y\sin\varphi)\cos N\varphi\sin\varphi\, d\varphi, \qquad Q(y) = \frac{1}{\pi}\int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} H(y\sin\varphi)\sin N\varphi\cos\varphi\, d\varphi.$$

Si N est *impair*, on a des formules analogues.

Une conséquence immédiate de ces formules est que *si la fonction* $H(\theta)$ *est impaire, on ne peut avoir que des synchronisations d'ordre pair* et inversement.

6. L'étude complète des conditions de synchronisation ne peut être faite que si l'on connaît explicitement la fonction $H(\theta)$. On peut toutefois envisager le cas où *les impulsions sont très brèves*.

En supposant le balancier muni d'un échappement, on constate que la synchronisation peut s'opérer pour $\varepsilon = 0$, moyennant certaines conditions faciles à réaliser. Si l'on suppose le frottement visqueux de décrément logarithmique c, le régime synchronisé disparaît pour faire place à un *régime déphasé*, dès que $N' - N$ dépasse $c/2$ en valeur absolue.

La *tolérance de fréquence* est donc *très petite*.

Si la fonction $H(\theta)$ est *paire*, on a des conclusions analogues.

Reste à savoir *si l'on obtiendrait une tolérance plus large avec des impulsions moins brèves*.

7. J'ai appliqué la méthode au *pendule* de M. Bethenod ([4]). Pour simplifier les calculs, j'ai admis que l'inductance L de la bobine est fonction linéaire de θ, que le rapport ρ/L est très grand, que la force contre-électromotrice est négligeable et enfin que le circuit est en résonance quand le pendule est au point mort. On a encore les formules (6), quel que soit N. Mais le calcul de P et Q se fait aisément en introduisant la variable complexe $z = e^{i\varphi}$ et appliquant le théorème des résidus.

J'ai essayé d'interpréter les résultats obtenus par MM. Hirschi et Mesnage ([5]). Je n'ai pas trouvé d'autre explication que l'existence possible, mais non démontrée, de régimes déphasés; toutes réserves étant faites sur la validité des hypothèses admises au début de ce paragraphe.

([4]) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 847.

([5]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 53.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Georges Dehaut. *Les doctrines de Georges Cuvier dans leurs rapports avec le transformisme.*

2° Robert Hardouin. *Le mimétisme animal.* Préface de M. Étienne Oehmichen.

3° Jean Rothé. *Séismes et volcans.*

4° Auguste Comte. *Le prolétariat dans la Société moderne.* Textes choisis avec une introduction de R. Paula Lopes.

5° Faune de l'Empire français. VI. *Coléoptères carabiques de la région malgache (Première partie)*, par René Jeannel.

6° Joseph de Toni. *Diagnoses algarum novarum, post sylloges editionem descriptarum. I. Myxophyceæ. Centuria VIII.*

7° Une série de fascicules composant l'œuvre mathématique de M. Godofredo Garcia (présentée par M. Paul Montel).

M. **Hippolyte Parodi** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des applications de la Science à l'Industrie, par le décès de M. *Léon Guillet*.

L'**Institution of Mechanical Engineers** invite l'Académie à désigner un de ses Membres pour la représenter aux Cérémonies qui auront lieu à Londres, du 8 au 13 juin 1947, pour commémorer le centième anniversaire de sa fondation.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la signification topologique des axiomes de la géométrie projective.* Note (1) de M. **Guy Hirsch**, transmise par M. Élie Cartan.

1. Quelles sont les propriétés de nature topologique que doivent avoir, nécessairement, des êtres mathématiques, *points*, *droites* et *plans*, qui vérifient les axiomes d'incidence (Γ) de la géométrie projective plane :

a. par deux *points* distincts du *plan projectif* passe une *droite projective* et une seule;

b. deux *droites projectives* distinctes dans le *plan projectif* ont en commun un *point* et un seul.

Nous supposerons que ces êtres sont des variétés topologiques (c'est-à-dire sont localement homéomorphes à un espace euclidien à un nombre convenable,

(1) Séance du 23 septembre 1946.

constant, de dimensions), et occupent des positions suffisamment régulières (ceci, pour éviter la discussion des *cas pathologiques*). On peut alors énoncer (Γ) comme suit :

(Γ_n). *Étant donné une variété V^{2n} à $2n$ dimensions (topologiques), et une famille de variétés M^n à n dimensions (toutes homéomorphes entre elles) dans V^{2n}, il existe une géométrie projective plane dans V^{2n}, avec M^n pour droites projectives* (c'est-à-dire : par deux points distincts quelconques de V^{2n} passe une et une seule M^n de la famille; deux M^n distinctes quelconques de la famille ont toujours en commun un point et un seul de V^{2n}).

Que peut-on affirmer au sujet de V^{2n} et de M^n ?

J'établis d'abord que M^n est nécessairement homéomorphe à la sphère à n dimensions.

2. Je donnerai ici des propositions (P_n), (Φ_n) et (M_n), équivalentes à (Γ_n) :

(P_n). *Il existe une variété $V^{n'+n}$ à $n'+n$ dimensions, dans laquelle le complément d'une sphère S^n à n dimensions est homéomorphe à l'espace euclidien à $n'+n$ dimensions.*

J'établis qu'on a, nécessairement, $n'=n$. La proposition (P_n) correspond à la manière connue de *clore* le plan euclidien par une *droite projective de l'infini*.

(Φ_n). *On peut fibrer* ([2]) *la sphère S^{2n-1} à $2n-1$ dimensions en sphères (équatoriales) S^{n-1}.*

(M_n). *Il existe sur la sphère S^{n-1} à $n-1$ dimensions une multiplication* ([3]) *avec élément-unité, bi-topologique continue* ([4]) *et semi-linéaire* (ce qui signifie que les produits d'un point donné quelconque par des points alignés sur un grand cercle quelconque sont toujours, eux aussi, alignés sur un grand cercle).

Cette dernière propriété implique que la sphère à $n-1$ dimensions et l'espace projectif réel à $n-1$ dimensions soient *parallélisables* ([5]), ce qui exige que *n soit une puissance de* 2 ([6]).

3. On ne sait pas si cette propriété nécessaire est aussi suffisante pour que ces espaces soit parallélisables, et pour que les autres propositions ci-dessus soient vraies.

En tout cas, la multiplication des octaves de Cayley (système de nombres

---

([2]) Définition des espaces fibrés : H. SEIFERT, *Acta Math.*, 60, 1932, pp. 147-238; H. HOPF, *Fund. Math.*, 25, 1935, spécialement p. 439; H. WHITNEY, *Bull. Amer. Math. Soc.*, 43, 1937, pp. 785-805.

([3]) Cette multiplication n'est pas nécessairement associative.

([4]) Cela signifie que si l'on pose $r=p.q$, où p, q et r sont des points de la sphère, les applications $T_0(q)=p_0.q$ (p fixé et q variant seul); ainsi que $T_0(p)=p.q_0$ (q_0 fixé et p variant seul) sont des applications topologiques de la sphère en elle-même quels que soient p_0 et q_0 et dépendent d'une manière continue respectivement de p_0 ou q_0.

([5]) Voir E. STIEFEL, *Comment. Math. Helvet.*, 8, 1935, pp. 3-51.

([6]) *Ibid.*, 13, 1941, p. 201, th. A; H. HOPF, *ibid.*, 13, 1941, p. 238, th. Ve.

hypercomplexes à 8 unités, avec multiplication non associative), qui correspond à S^{15} fibrée en S^7 [résultat de Hopf (7)], fournit déjà un exemple de *plan projectif* qui est une variété à 16 dimensions topologiques, dans laquelle les *droites projectives* sont homéomorphes à la sphère à 8 dimensions. C'est là un exemple de *plan projectif* (ou structure projective plane), différent des plans projectifs classiques, réel, complexe ou quaternionien, qui sont définis par les ensembles de 3 nombres (réels, complexes ou quaternions) donnés à un facteur près. [Une définition algébrique analogue cesse d'être possible pour les octaves de Cayley, parce que la multiplication n'y est pas associative. On sait que les trois systèmes cités ci-dessus constituent les seules algèbres (associatives) primitives].

4. Observons aussi que l'existence d'une structure projective plane dans V^{2n} exige que les groupes d'homologie (8) de V^{2n} soient cycliques libres (7) pour les dimensions o, n, et $2n$, et vides pour les autres nombres de dimensions. L'exemple de V^{16} donné plus haut (n° 3) répond en même temps à une question posée par A. Bassi (9), qui considérait comme assez douteuse l'existence de variétés de ce type pour $n > 4$.

5. Je puis établir également des systèmes analogues de propositions équivalentes pour les axiomes de la géométrie projective à plus de 2 dimensions; mais ces propositions présentent moins d'intérêt immédiat, car elles ne peuvent être valables simultanément que pour les cas bien connus des géométries projectives classiques (en supposant toujours que les éléments considérés sont des variétés topologiques), réelle, complexe et quaternionienne. Cela résulte de la propriété suivante (Hilbert-Pontrjagin) : le théorème de Desargues est démontrable dans une géométrie projective à plus de deux dimensions (projectives), ce qui rend possible la construction d'un corps algébrique correspondant à cette géométrie.

TOPOLOGIE. — *Nouvelle démonstration du théorème de Schœnflies pour les espaces à n dimensions.* Note (1) de M. **Alexandre Ostrowski**, transmise par M. Hadamard.

1. La méthode utilisée dans notre précédente Note (2) pour la démonstration du théorème I sur la transformation

$$\pi = f(\mathrm{P}), \tag{1}$$

(7) *Fund. Math.*, 25, 1935, pp. 427-440.
(8) A réduire *mod* 2 lorsque $n=1$ (cas du plan projectif *réel*).
(9) *Mem. della Cl. di Scienze R. Acc. d'Italia*, 6, 1935, pp. 669-714.
(1) Séance du 19 août 1946.
(2) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 229. Les renvois à cette Note seront marqués (1).

permet également de déduire facilement le théorème de Schœnflies (cf. le théorème III plus loin). Nous conserverons les notations de (1).

2. Lemme 1. — *Soit, dans les conditions du théorème* I, γ *un arc de Jordan aboutissant à un point* π_0 *de* Δ. *Alors* γ *contient une infinité de points de* Δ.

Démonstration. — Les surfaces σ_ν construites au n° 5 (1) entourent et convergent vers π_0. Donc à partir d'un certain ν, chacune des σ_ν est traversée par γ, de sorte qu'il y a des points de γ dans chaque σ_ν, $\nu > \nu_0$.

3. Lemme 2. — *Soit, dans les conditions du théorème* I, G *une surface de Jordan normale située avec son intérieur* G_i *dans* D. *Alors chaque point de l'intérieur* Γ_i *de l'image* Γ *de* G *par* (1) *appartient à* Δ *et* (1) *établit une correspondance topologique entre* G_i *et* Γ_i.

Démonstration. — Supposons que le lemme ne soit pas vrai et qu'il existe un point π_i dans Γ_i qui n'appartienne pas à Δ. Or, l'ensemble $\Gamma + \Gamma_i\Delta$ étant fermé puisque image de l'ensemble fermé $G + G_i$ par la transformation continue (1), il existerait dans $\Gamma + \Gamma_i\Delta$ un point π_0 dont la distance à π_1 soit *minimum*, et le segment de droite γ qui joint π_0 à π_1 ne contiendrait qu'un seul point, π_0, de Δ, contrairement au lemme 1. Ce qui prouve notre énoncé.

4. Théorème II. — *Sous les hypothèses du théorème* I, *l'ensemble* Δ *image de* D *par la transformation* (1) *est ouvert dans* P_ν.

Démonstration. — Soient π_0 un point de Δ et P_0 son image dans D. Alors il existe dans D une surface de Jordan S_ν, *normale* et entourant P_0. La surface σ_ν correspondant à S_ν dans Δ entoure donc π_0.

D'après le lemme 2, tous les points intérieurs à σ_ν appartiennent à Δ, de sorte qu'un *voisinage total* de π_0 dans P_n appartient à Δ. Le théorème II est donc démontré.

5. Théorème III. — *Soit, sous les hypothèses du théorème* I, G *une surface de Jordan appartenant ainsi que son intérieur* G_i *à* D. *Alors, si* Γ *correspond par* (1) *à* G, *tout l'intérieur* Γ_i *de* Γ *appartient à* Δ *et* (1) *établit une correspondance topologique entre* G_i *et* Γ_i.

Démonstration. — Supposons que G ne soit pas régulière et que l'image de G_i soit donc identique à Γ_e. Alors il existe une suite $\{\pi_\nu\}$ de points de L_e convergeant vers un point frontière ζ de Δ. Les points correspondants $\{\rho_\nu\}$ de D sont situés dans G_i et une suite partielle de $\{\rho_\nu\}$ converge vers un point P_0 appartenant soit à G_i soit à G. On peut donc supposer dès le début que l'on a

$$(2) \qquad \rho_\nu \to \zeta, \qquad P_\nu \to P_0.$$

6. Dans (2) le point P_0 est un point de D auquel correspond par (1) un point π_0 de Δ, et il résulte de la continuité de (1) que les images π_ν des P_ν tendent vers π_0, ce qui est contraire à (2) puisque ζ est un point *frontière* de Δ. Donc la surface G est *régulière*.

D'autre part Δ étant ouvert, l'ensemble $\Delta\Gamma_e$ n'est pas vide et doit être l'image de DG_c. Donc la surface G est normale et le théorème III résulte alors du lemme 2.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Fluides compressibles. Étude directe du cas simplifié de Chaplygin.* Note [1] de M. **Paul Germain**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Soient $\varphi(x, y)$ le potentiel des vitesses d'un mouvement en fluide compressible, α_0 la célérité du son au point de vitesse nulle, u et v les composantes de la vitesse, α la célérité du son au point de vitesse (u, v); l'hypothèse de Chaplygin consiste à écrire $\alpha^2 = \alpha_0^2 + u^2 + v^2$. Dans ces conditions, $\alpha_0 \varphi$ est solution de l'équation des surfaces minima [2]

$$(1 + q^2)r - 2pqs + (1 + p^2)t = 0.$$

On a alors $u = \alpha_0 p$, $v = \alpha_0 q$. Nous poserons $\zeta = u - iv$.

2. Si l'on part de la représentation d'Enneper [3]

$$(1)\quad \begin{cases} x = \mathcal{R}\left\{\int (1 - w^2)\mathcal{F}(w)\, dw\right\}; \qquad y = \mathcal{R}\left\{-i\int (1 + w^2)\mathcal{F}(w)\, dw\right\}; \\ \alpha_0\varphi = \mathcal{R}\left\{\int 2w\mathcal{F}(w)\, dw\right\}, \end{cases}$$

les lignes du courant sont définies par $\mathcal{R}\left\{i\int 2w\mathcal{F}(w)\, dw\right\} = \text{const.}$ et la vitesse est donnée par

$$(2)\qquad \zeta = \frac{2\alpha_0 w}{1 - w\bar{w}}.$$

(Cette formule aux notations près est celle qu'obtient von Karmann. Voir *Journ. of the Aero. Soc.*, 8, 1941. Il s'agit de la formule n° 61 de cet article.)

Posons $h = w/w_0$, w_0 étant l'homologue de $\zeta = 1$, $z = x + iy$, $\mathcal{F}(w)\, dw = d\Phi/h$, les formules (1) s'écrivent

$$(3)\qquad dz = \frac{d\Phi}{h} - w_0^2 \overline{h\, d\Phi}, \qquad \varphi = (1 - w_0^2)\Phi.$$

Le cas de l'incompressibilité correspond à $w_0 = 0$.

3° Dans le cas d'un profil à portance nulle, la vitesse à l'infini étant dirigée suivant Ox, et sa grandeur prise pour unité, Φ doit avoir une valeur imaginaire constante le long du profil et $\varphi - x$ garder une valeur finie à l'infini.

Soit $l(Z)$ la fonction représentant conformément [4] l'extérieur d'un profil P_0 sur l'extérieur du cercle de rayon 1. L'étude du mouvement incompressible

---

[1] Séance du 23 septembre 1946.

[2] Ceci est bien connu. Voir en particulier H. Bateman, *Proc. Roy. Soc.*, A, **125**, 1929, p. 598; G. Braun, *Ann. Physik*, **15**, 1932, p. 645.

[3] Darboux, *Théorie générale des surfaces*, **1**, p. 340 (2e édition).

[4] Comme d'habitude on prend la représentation conforme telle que $dl/dZ = 1$ au point à l'infini.

conduit à poser $\Phi(Z) = Z + (1/Z)$, $d\Phi/h = dl/dZ$ ce qui pour une valeur non nulle de w_0 fournit la solution

$$z(Z) = l(Z) - w_0^2 \overline{\int \left(\frac{d\Phi}{dZ}\right)^2 \frac{dZ}{dl}\, dZ} \tag{4}$$

qui définit un mouvement compressible autour d'un profil P_{w_0} différent de P_0. On remarquera l'analogie du deuxième membre de (4) avec la formule de Blasius donnant les efforts sur P_0. La recherche d'un profil symétrique admettant un hodographe donné à la portance nulle se ramène à un problème d'analogie rhéoélectrique du type le plus simple dans un plan s défini par $h = 1 - (1/s^2)$.

4° M. Leray a attiré mon attention sur le cas où la portance n'est pas nulle. Φ est alors multiforme, mais ζ, c'est-à-dire h, est une fonction uniforme de z et prend une valeur finie à l'infini. Nous allons signaler deux procédés généraux permettant d'atteindre de tels mouvements

Reprenant la fonction $l(Z)$, soit

$$\Phi(Z) = e^{-i\beta} Z + \frac{e^{i\beta}}{Z} - \frac{i\Gamma}{2\pi} \operatorname{Log} Z,$$

le potentiel incompressible déterminé par la règle de Joukowski, et soit $L(Z)$ une fonction déterminée par

$$\frac{dL}{dZ} = \frac{dl}{dZ}\left(1 + \frac{\alpha}{Z} + \Sigma \frac{A_n}{Z^n}\right),$$

la fonction

$$L(Z) - w_0^2 \overline{\int \left(\frac{d\Phi}{dZ}\right)^2 \frac{dZ}{dL} \cdot dZ} \tag{5}$$

est une fonction uniforme de Z, pour une valeur unique bien déterminée de α; α ainsi déterminé, les A_n sont arbitraires (sous réserve de convergence) et peuvent en particulier être pris tous nuls.

Un autre procédé consiste à prendre h fonction de $d\Phi/dl$, $d\Phi/dl$ étant la vitesse complexe du mouvement incompressible d'où l'on part, de manière à obtenir, dans le développement de h en fonction de Z, un coefficient de $1/Z$ tel que l'expression (5) [dans laquelle $dL/dZ = d\Phi/h$] soit uniforme. L'élégante formule utilisée par M. Leray (6) est un cas particulier de cette dernière méthode.

5. Pour utiliser les mouvements de Chaplygin comme approximation des mouvements *subsoniques* des fluides réels (pour lesquels nous désignerons par c la célérité du son), il faut choisir w_0 ou, ce qui revient au même, α_0 en fonctions des données. Chaplygin pose l'égalité de c et de α au point de vitesse nulle, von Karman celle de α et de c à l'infini. Dans l'étude des profils, ces deux

(6) M. Leray a signalé cette formule dans une Communication présentée au VIe Congrès International de Mécanique appliquée de Paris (septembre 1946).

approximations et surtout la première sous-estiment certainement les effets de compressibilité. On obtient une meilleure approximation en écrivant l'égalité de α et de c pour la valeur moyenne de la vitesse prise le long du profil (en fluide compressible). Pratiquement on commence par calculer la valeur moyenne de la répartition approximative de vitesse avec la valeur de w_0 de von Karman, ce qui permet de calculer une nouvelle valeur de w_0, que l'on pourra considérer comme définitive.

HYDRODYNAMIQUE. — *Contribution à l'étude expérimentale de phénomènes anomaux en mécanique des fluides visqueux.* Note [1] de M. **Jacques Huetz**, présentée par M. Jean Cabannes.

I. Des anomalies ont été signalées par A. Guillet dans la mesure du coefficient de viscosité η d'un liquide [2].

Les forces exercées par un fluide visqueux incompressible sur un obstacle en déplacement relatif sont données par le tenseur des efforts et sont proportionnelles à η si l'on suppose le champ des vitesses indépendant de ce dernier coefficient. S'appuyant sur ce fait, A. Guillet pensa construire un viscosimètre absolu, en mesurant les forces exercées par un fluide visqueux sur une sphère en rotation. Dans le cas où le fluide est compris entre deux sphères concentriques S_i et S_e en rotation avec une vitesse angulaire relative ω_0, on peut calculer le moment $\mathfrak{M}$ des forces exercées sur l'une de celles-ci. En se plaçant dans l'hypothèse usuelle du mouvement plan perpendiculaire à l'axe de rotation, où la vitesse angulaire ω en un point du liquide n'est fonction que du seul rayon sphérique R, on a

$$\mathfrak{M} = 8\pi\eta\omega_0 \frac{R_e^3 R_i^3}{R_e^3 - R_i^3}, \tag{1}$$

R_e et R_i étant respectivement les rayons des sphères extérieure et intérieure. On détermine les constantes d'intégration en supposant nul le glissement du liquide sur les parois. Or, la mesure expérimentale de $\mathfrak{M}$ conduit à une valeur de η plus grande que celle donnée par un viscosimètre utilisant l'écoulement à la Poiseuille dans un tube.

II. Nous avons repris ces expériences et les avons étendues à l'aide de deux appareils. L'un entretient la rotation de la sphère S_i placée dans son enceinte homothétique S_e. On utilise un moteur chronométrique Guillet à axe vertical, pourvu d'une démultiplication à engrenages; les vitesses, fixées une fois pour toutes par construction, sont égales à 0,375, 0,5, 0,75 et 1 tour/seconde. L'autre, à vitesse variable et continue, permet des vitesses de 0,03 à 1 tour/seconde de l'enveloppe S_e, la sphère S_i, suspendue à un fil de tension, restant

(1) Séance du 23 septembre 1946.
(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1522.

fixe en régime permanent. L'orientation de la sphère S_i est repérée par la méthode de Poggendorff; une pince tournante et graduée permet de ramener la sphère, en sens inverse du mouvement, jusqu'à sa position initiale.

Les sphères employées sur ces deux appareils avaient les dimensions suivantes : $2R_e = 116^{mm},4$ et $2R_i = 25, 35, 48, 61, 65,1$ et 90^{mm} de diamètre.

III. La nature des résultats diffère nettement suivant la viscosité de l'huile employée. Pour les huiles visqueuses (type huile de ricin) dont la viscosité variait de 10 à 20 poises suivant la température ambiante, nous avons toujours mesuré des moments en accord avec ceux calculés par la formule (1). Il semble donc que, pour des huiles suffisamment visqueuses, le paradoxe de A. Guillet n'existe pas dans les conditions expérimentales ci-dessus mentionnées ou s'insère dans les erreurs d'expérience qui sont de l'ordre de 2 %.

Si l'on utilise une huile de viscosité moyenne égale à 0,5 poise, et si l'on construit la courbe qui donne $\mathfrak{M}$ en fonction de ω_0, on observe les particularités suivantes :

a. Pour $0{,}03 < \omega_0 < \omega_l$ (en tour/seconde), la courbe est une droite passant à l'origine : ω_l est une certaine vitesse critique, bien inférieure à celle que laisse prévoir le nombre de Reynolds pour le passage au régime turbulent. Cette vitesse ω_l croît avec la viscosité et avec le rayon de S_i. Les moments mesurés sont supérieurs, dans un rapport variable de 1,15 à 1,50 suivant les sphères employées, aux moments calculés par la formule (1).

b. Pour $\omega_l < \omega_0 < 1$ tour/seconde, les points représentatifs de la courbe $\mathfrak{M}(\omega_0)$ se répartissent approximativement sur une droite de coefficient angulaire plus élevé ($\mathfrak{M}$ croît cependant un peu plus vite que ne l'indiquerait une formule linéaire). Quant aux moments mesurés, ils sont dans un rapport variant de 1,15 à 1,61 avec les moments calculés, selon les sphères et les vitesses considérées.

HYDRODYNAMIQUE. — *Essai de rationalisation des phénomènes anomaux en viscosité*. Note (1) de M. **Henry du Boscq de Beaumont**, présentée par M. Jean Cabannes.

I. Expérimentant sur de l'huile d'olive à température ambiante, Amédée Guillet a trouvé, pour un système de sphères concentriques, que le couple de torsion observé était beaucoup plus fort que celui de la formule classique préjugée (2). Avec de l'huile de ricin, Jacques Huetz observe dans les mêmes conditions le couple classique. Employant une huile de viscosité plus faible (0,5 c.g.s. environ), cet expérimentateur retrouve en les complétant les anomalies précédentes (3).

(1) Séance du 23 septembre 1946.

(2) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1522.

(3) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 44.

Aux faibles vitesses le couple est plus fort que le couple classique; aux vitesses croissantes, bien qu'encore très faibles, le segment de droite passant par l'origine, qui représente le couple en fonction de la vitesse, se poursuit, du moins en ses débuts, selon un segment de coefficient angulaire plus élevé que le précédent. D'après Amédée Guillet, suivant une variation thermique, le couple paraît proportionnel à un coefficient de viscosité et linéaire par rapport à la vitesse angulaire. Ces deux faits paraissent théoriquement liés.

Désignant en effet par p la pression; u, v, w les composantes de la vitesse V; Δ le laplacien; η, ρ, g le coefficient de viscosité, la masse spécifique du liquide et l'accélération de la pesanteur, l'équation de Navier complète, pour l'axe OX, sera

$$\frac{\partial p}{\partial x} - \eta \Delta u + \rho\left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial u}{\partial t}\right) = 0;$$

$\partial u/\partial t$ disparaît en régime permanent et, *si l'on néglige avec Stokes les termes carrés*, on a pour les trois axes le système linéaire $\partial p/\partial x - \eta\Delta u = 0$, $\partial p/\partial y - \eta\Delta v = 0$, $\partial p/\partial z - \eta\Delta w = -\rho g$. Tenant compte de l'équation $\operatorname{div} V = 0$, il vient ensuite $\Delta p = 0$, $\Delta\Delta u = 0$, $\Delta\Delta v = 0$, $\Delta\Delta w = 0$. Selon ce système, le champ des vitesses apparaît indépendant de la viscosité η. Dans le cas du système de Navier non linéarisé le champ dépend de η/ρ.

II. Considérons un corps de révolution tournant autour de son axe vertical OZ, dans un vase de révolution coaxial. Introduisant le rayon cylindrique r, le couple de viscosité s'exprimera par

$$M = 2\pi\eta \int r^3 \left(\frac{\partial \omega}{\partial z} dr - \frac{\partial \omega}{\partial r} dz\right).$$

L'intégration est étendue, sur l'arc de méridienne du corps tournant, d'un pôle à l'autre; ω désigne la vitesse angulaire. On voit alors que, dans l'hypothèse de Stokes, l'intégrale ne dépendant pas de η/ρ, M est proportionnel à η et qu'à défaut de cette hypothèse M ne paraît pas devoir lui être proportionnel. On apercevra encore que, dans le cas du système linéaire, ω satisfaisant à l'équation linéaire $E(r^2\omega) = (\partial/\partial z)(r^3\,\partial\omega/\partial z) + (\partial/\partial r)(r^3\,\partial\omega/\partial r) = 0$, M est linéaire par rapport à un facteur de la vitesse. Pour conclure, sur ce premier point, Amédée Guillet et Jacques Huetz se seraient donc trouvés placés en régime linéaire par rapport aux vitesses.

III. Quant au second point, concernant la possibilité de plusieurs régimes linéaires, on pourrait sans doute éclairer la question en faisant d'abord intervenir l'action perturbatrice de la force centrifuge latente : elle interdit en toute rigueur la possibilité du mouvement plan, qui conduit en première approximation à la formule classique vérifiée par Jacques Huetz pour l'huile de ricin. A moins qu'il ne s'agisse de simples glissements, on pourrait donc concevoir, pour un liquide donné, l'existence de vitesses angulaires critiques annonçant des trajectoires gauches, cependant en régime linéaire.

Introduisons la fonction de courant méridienne ψ qui relie comme on sait les vitesses radiale V_r et axiale V_z; soit $rV_r = \partial\psi/\partial z$, $rV_z = -\partial\psi/\partial r$; l'intégration du problème du champ dépend, outre l'équation déjà mentionnée $E(r^2\omega) = 0$, de l'équation itérée $EE(\psi) = 0$.

Supposons déterminé un système de solutions ψ et $\omega = d\theta/dt$; les lignes de courant seront données par $dr/(\partial\psi/\partial z) = -dz/(\partial\psi/\partial r) = d\theta/r\omega$. Considérons alors les surfaces intégrales $\theta(r, z)$ de l'équation $\partial\psi/\partial z . \partial\theta/\partial r - \partial\psi/\partial r . \partial\theta/\partial z = r\omega$; les lignes de courant en question, qui en sont les caractéristiques, sont toutes tracées sur ces surfaces $\theta(r, z)$ qui présentent les points coniques définis par $\partial\psi/\partial z = \partial\psi/\partial r = 0$.

Ces points coniques sont les traces méridiennes de circonférences-trajectoires isolées autour desquelles s'enroulent les trajectoires gauches, en traversant N fois par tour les plans des circonférences.

Ainsi les intégrations suivantes étant effectuées sur une courbe fermée $\psi = \text{const.}$ quelconque, ne renfermant qu'un point conique, le nombre $\Theta = -\oint \frac{r\omega\, dz}{\partial\psi/\partial r}$ et la suite de nombres $h = -\frac{N}{2\pi}\oint \frac{r\omega}{\partial\psi/\partial r}dz$ représentent respectivement et la *circulation* Θ définie autour d'un point conique et le facteur h qu'il convient d'appliquer à $\psi(r, z)$, pour que les trajectoires appartenant au domaine de ce point se referment tour par tour autour de l'axe.

Il résulte de cette esquisse que le mouvement plan classique, dont Jacques Hüetz a reconnu la réalité, doit être considéré comme étant analytiquement séparé de tous mouvements gauches éventuels, avec des vitesses critiques de passage. Tant que la vitesse n'est pas excessive, les divers moments peuvent être proportionnels au coefficient de viscosité.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur quelques problèmes de fonctions propres relatifs à l'hexagone régulier.* Note [1] de M. **Gerhard Wassermann.**

M. Christopherson [2] a étudié les solutions de l'équation d'onde scalaire à deux dimensions

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} + K\psi = 0, \tag{1}$$

avec les conditions aux limites sur la frontière d'un hexagone régulier S

$$\text{(A) soit } \psi = 0 \text{ sur S}; \qquad \text{(B) soit } \frac{\partial\psi}{\partial n} = 0 \text{ sur S}.$$

J'obtiens ici les solutions générales dépendant de deux nombres nodaux

[1] Séance du 19 août 1946.

[2] *Quarterly J. Math.*, **11**, 1940, p. 63.

mais je n'ai pu démontrer qu'elles forment un système complet de fonctions orthonormées.

Les côtés de l'hexagone S étant représentés par

$$\text{(2)}\qquad L_s \equiv x\cos\theta_s + y\sin\theta_s - p = 0,$$

où

$$\theta_s = (2s-1)\frac{\pi}{6} \qquad (s = 1, 2, \ldots, 6),$$

nous cherchons une solution ψ de (1) de la forme

$$\text{(3)}\qquad \psi = \sum_{r=1}^{6} A_r e^{i\{[\lambda\cos\theta_r + (-1)^r \mu\sin\theta_r]x + [\lambda\sin\theta_r + (-1)^{r-1}\mu\cos\theta_r]y\}},$$

où A_r, λ et μ sont des constantes qui seront déterminées plus loin. Cette fonction ψ sera solution de (1) si nous avons

$$\text{(4)}\qquad K = \lambda^2 + \mu^2.$$

Solutions pour (A). — Soit $\psi = 0$ sur L_s. Alors, éliminant y entre (2) et (3), nous obtenons

$$\text{(5)}\qquad \psi = \sum_{r=1}^{6} A_r e^{i\,\mathrm{cosec}\,\theta_s[(\lambda\sin\theta_{sr} + (-1)^r\mu\cos\theta_{sr})x + p(\lambda\sin\theta_r + (-1)^{r-1}\mu\cos\theta_r)]} \equiv 0$$

sur S, où $\theta_{sr} = \theta_s - \theta_r$. Nous considérerons θ_s et A_s comme formant un groupe cyclique avec les relations

$$\text{(6)}\qquad A_{s+6} = A_s \quad \text{et} \quad \theta_{s+6} = \theta_s.$$

L'équation (5) peut être satisfaite en amenant les termes correspondants à s'annuler par paires, ce qui peut s'obtenir par un choix convenable des constantes A, λ et μ. Supposant que les termes d'ordre r et r' forment une paire dont les facteurs exponentiels sont égaux, c'est-à-dire

$$\lambda\sin\theta_{sr} + (-1)^r\mu\cos\theta_{sr} = \lambda\sin\theta_{sr'} + (-1)^{r'}\mu\cos\theta_{sr'},$$

ce qui exige que

$$r' = 2s + 6q + 3 - r \qquad (q = 0, 1, 2, \ldots),$$

et en égalant à zéro la somme des termes d'ordre r et r', nous obtenons

$$\text{(7)}\qquad \begin{aligned} A_{r'} &= -A_r e^{ip\,\mathrm{cosec}\,\theta_s[\lambda(\sin\theta_r - \sin\theta_{r'}) + (-1)^{r-1}\mu(\cos\theta_r - \cos\theta_{r'})]} \\ &= -A_r e^{2ip(\lambda\cos\theta_{sr} + (-1)^{r-1}\mu\sin\theta_{sr})}. \end{aligned}$$

Il suffit de prendre $q = 0$, car une autre valeur de q redonnerait (7) en tenant compte de (6). L'équation (7) peut être satisfaite en posant, soit

$$\text{(8 a)}\qquad p = 2n\pi \quad \text{et} \quad \mu\sqrt{3}\,p = 2m\pi,$$

soit, si λ, $\mu \neq 0$,

$$(8\,b) \qquad \lambda p = (2n+1)\pi \quad \text{et} \quad \mu\sqrt{3}\,p = (2m+1)\pi,$$

où m et n sont des entiers ou zéro.

Nous obtenons dans les deux cas

$$(9) \qquad A_1 = -A_2 = A_3 = -A_4 = A_5 = -A_6.$$

Les valeurs propres correspondantes sont alors données par

$$(10\,a) \qquad K_{m,n} = \frac{4\pi^2}{p^2}\,\frac{n^2+m^2}{3}$$

$$(10\,b) \qquad K_{m,n} = \frac{\pi^2}{p^2}\,\frac{(2n+1)^2+(2m+1)^2}{3} \qquad (m,\ n = 0,\ 1,\ 2,\ \ldots).$$

A partir de (8) et (9), séparant les parties réelles et imaginaires, nous obtenons

$$(11) \qquad \psi_{m,n} = \psi_0 \sum_{r=1}^{3} (-1)^{r-1} \cos[\mu^{(m)}(x \sin\theta_r - y\cos\theta_r)] \sin[\lambda^{(n)}(x\cos\theta_r\,y\sin\theta_r)],$$

et

$$(12) \qquad \Phi_{m,n} = \Phi_0 \sum_{r=1}^{3} (-1)^{r-1} \sin[\mu^{(m)}(x \sin\theta_r - y\cos\theta_r)] \sin[\lambda^{(n)}(x\cos\theta_r\,y\sin\theta_r)],$$

ψ_0 et Φ_0 étant des facteurs de normalisation. $\psi_{m,n}$ et $\Phi_{m,n}$ représentent deux solutions indépendantes de (1) formant chacune un ensemble doublement infini de fonctions propres.

Solution pour (B). — Par une méthode analogue, on obtient

$$(13) \qquad \begin{matrix}\psi'_{m,n}\\ \Phi'_{m,n}\end{matrix} = \begin{matrix}\psi'_0\\ \Phi'_0\end{matrix} \sum_{r=1}^{3} \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\left\{\mu^{(m)}(x\sin\theta_r - y\cos\theta_r)\right\} \cos[\lambda^{(n)}(x\cos\theta_r + y\sin\theta_r)].$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la détermination des matrices satisfaisant à un système de relations de la théorie du méson.* Note [1] de M. **Henri Garnir.**

Les travaux de G. Petiau, E. Schrödinger, J. K. Lubansky et L. Rosenfeld, N. Kemmer, montrent l'intérêt du problème suivant : déterminer tous les systèmes de matrices hermitiennes $A_1, \ldots, A_n$ vérifiant les relations

$$A_i A_j A_k + A_k A_j A_i = A_i \delta_{jk} + A_k \delta_{ji}, \qquad (i,\ j,\ k = 1,\ \ldots,\ n).$$

Il est facile d'établir le théorème de réductibilité complète suivant : les matrices hermitiennes cherchées forment un système irréductible ou bien sont respectivement équivalentes à la somme directe des matrices de même indice prises dans un certain nombre de systèmes irréductibles non nécessairement distincts.

---

[1] Seance du 30 septembre 1946.

Pour obtenir des systèmes irréductibles, considérons des vecteurs $\vec{e}_{\mu_1 \ldots \mu_p}$, $(\mu_1 \neq \ldots \neq \mu_p = 1, \ldots, N \equiv n+1)$, antisymétriques par rapport à leurs indices; C_N^p d'entre eux sont linéairement indépendants. Définissons ensuite les opérateurs linéaires S_{kl}, $(k, l = 1, \ldots, N)$, en posant $S_{kl} = 0$ si $k = l$ et en admettant que S_{kl}, $(k \neq l)$, annule les vecteurs $\vec{e}_{\mu_1 \ldots \mu_p}$ qui contiennent k et l ou ne contiennent ni k ni l, parmi leurs indices; en outre, appliqué à un vecteur contenant en indice un seul des nombres k ou l, S_{kl} remplace l'indice k par l, ou l par k, et, dans ce dernier cas, change le signe du vecteur.

Cela étant, on peut montrer que, si N est impair ou si N est pair et $p \neq N/2$, les matrices obtenues en appliquant les n opérateurs $i S_{k+1,1}$, $(k = 1, \ldots, n)$, aux C_N^p vecteurs $\vec{e}_{\mu_1 \ldots \mu_p}$ linéairement indépendants, constituent un système irréductible cherché; les systèmes correspondant aux valeurs p' et $N - p'$ de p sont équivalents. Si N est pair et si $p = N/2$, on obtient deux nouveaux systèmes irréductibles, non équivalents entre eux et aux précédents, en appliquant les mêmes opérateurs respectivement aux $(1/2) C_N^p$ vecteurs

$$\vec{e}_{\mu_1 \ldots \mu_{\frac{N}{2}}} \pm (i)^{\frac{N}{2}} \vec{e}_{\mu_{\frac{N}{2}+1} \ldots \mu_N},$$

formés au moyen des vecteurs à N/2 indices linéairement indépendants pris deux à deux et choisis pour que la permutation $\mu_1 \ldots \mu_{\frac{N}{2}} \mu_{\frac{N}{2}+1} \ldots \mu_N$ soit paire.

Les résultats précédents permettent d'obtenir, si $N \equiv n + 1 = 2\nu$, [resp. $N \equiv n + 1 = 2\nu + 1$], $\nu + 1$, [resp. ν], systèmes irréductibles non équivalents.

Pour montrer que l'on obtient ainsi tous les systèmes irréductibles et non équivalents vérifiant les relations proposées, nous avons formé des combinaisons des matrices cherchées vérifiant des relations rencontrées par E. Cartan et H. Weyl dans la théorie des groupes continus semi-simples; nous sommes arrivés à notre but en utilisant les théorèmes établis par ces auteurs.

Notre méthode permet de retrouver, pour $n = 4$ et $n = 5$, les systèmes utilisés jusqu'ici dans la théorie du méson. A cet effet, il est utile de remarquer que si $A_1, \ldots, A_n$ forment un système cherché, il en est de même des matrices $A_i^{(p)} = A_i A_p + A_p A_i$, si $i \neq p$ et $B_p^{(p)} = A_p$.

CHALEUR. — *Sur le problème du refroidissement de la sphère.*
Note de M. **Hippolyte Parodi**, présentée par M. Albert Caquot.

La méthode que nous avons indiquée pour la résolution du problème du mur s'applique au problème du refroidissement de la sphère, l'équation de propagation étant

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \theta}{\partial r} - \frac{1}{h} \frac{\partial \theta}{\partial t} = 0. \quad (1)$$

Les équations aux limites sont

$$\theta(R_0, t) = f(t) \quad \text{pour la surface extérieure;}$$
$$\theta(R_1, t) = g(t) \quad \text{» intérieure.}$$

La condition initiale est

$$\theta(r, 0) = F(r).$$

Posons

$$\theta = U_1 + U_2 + U_3 + \ldots + V_1 + V_2 + V_3 + \ldots.$$

L'équation (1) s'écrira

$$(2) \qquad 0 = \left\{ \begin{array}{l} \left[\frac{\partial^2 U_1}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial U_1}{\partial r}\right] + \left[\frac{\partial^2 U_2}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial U_2}{\partial r} - \frac{1}{h}\frac{\partial U_1}{\partial t}\right] + \ldots \\ \left[\frac{\partial^2 V_1}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial V_1}{\partial r}\right] + \left[\frac{\partial^2 V_2}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial V_2}{\partial r} - \frac{1}{h}\frac{\partial V_1}{\partial t}\right] + \ldots \end{array} \right\} = 0.$$

Nous prendrons comme valeurs de U_1 et V_1,

$$U_1 = \frac{R_0 - r}{R_0 - R_1}\frac{R_1}{r} f(t), \qquad V_1 = \frac{R_1 - r}{R_1 - R_0}\frac{R_0}{r} g(t);$$

$$\text{pour } r = R_0, \text{ on a } \quad U_1 = 0, \qquad V_1 = g(t),$$
$$\text{» } r = R_1, \text{ on a } \quad V_1 = f(t), \qquad V_1 = 0;$$

à ces valeurs de U_1 et V_1 correspondent des fonctions U_2 et V_2

$$\frac{\partial^2 U_2}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial U_2}{\partial r} = \frac{R_1}{hr}\frac{R_0 - r}{R_0 - R_1}\frac{df(t)}{dt}, \qquad \frac{\partial^2 V_2}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial V_2}{\partial r} = \frac{R_0}{hr}\frac{R_1 - r}{R_1 - R_0}\frac{dg(t)}{dt},$$

La fonction U_2 sera de la forme $[a_2 r^2 + a_1 r + a_0 + b_0/r]\, df(t)/dt$, V_2 sera de la même forme, $dg(t)/dt$ remplaçant $df(t)/dt$.

Les coefficients arbitraires a_0, b_0 seront déterminés de manière que les fonctions U_2 et V_2 s'annulent pour $r = R_0$ et $r = R_1$; à ces fonctions U_2 et V_2 correspondront des fonctions U_3 et V_3 de la forme

$$\left[a_4 r^4 + a_3 r^3 + a_2 r^2 + a_1 r + a_0 + \frac{b_0}{r}\right]\frac{d^2 f(t)}{dt} \quad \text{ou} \quad \frac{d^2[g(t)]}{dt^2}$$

et les coefficients arbitraires a_0 et b_0 seront déterminés de manière que

$$U_3 = 0 \quad \text{et} \quad V_3 = 0, \qquad \text{pour } r = R_0 \text{ et } r = R_1.$$

En continuant ainsi de proche en proche nous obtiendrons

$$E(r, t) = \frac{R_1}{r}\frac{R_0 - r}{R_0 - R_1} f(t) + \frac{R_0}{r}\frac{R_1 - r}{R_1 - R_0} g(t) + \sum\left[\frac{P_n}{h^n}\frac{d^n f(t)}{dt^n} + \frac{Q_n}{h^n}\frac{d^n g(t)}{dt^n}\right].$$

La fonction $E(r, t)$ satisfait à l'équation de propagation et aux conditions aux limites, mais elle ne satisfait pas nécessairement à la condition initiale.

En ajoutant à $E(r, t)$ une fonction $H(r, t)$ satisfaisant à l'équation de propagation et s'annulant aux limites $r = R_0$ et $r = R_1$, nous pourrons trouver une

fonction $\theta(r, t) = E(r, t) + H(r, t)$ si la fonction $H(r, t)$ est telle que

$$\theta(r, o) = F(r) = E(r, o) + H(r, o).$$

Prenant comme fonction $H(r, t)$ la somme

$$H(r, t) = \sum_n \frac{a_n \sin n\pi \frac{r - R_1}{R_0 - R_1}}{r} e^{-h\left(\frac{n\pi}{R_0 - R_1}\right)^2 t},$$

nous voyons que

$$H(r, o) = \sum \frac{a_n \sin n\pi \frac{r - R_1}{R_0 - R_1}}{r}.$$

Pour trouver les coefficients a_n nous n'aurons qu'à former la fonction $r[F(r) - E(r, o)]$ et appliquer à cette fonction la méthode de calcul de Fourier.

Dans le cas où les conditions aux limites sont différentes de celles admises dans l'étude précédente, nous pourrons considérer les fonctions $f(t)$ et $g(t)$ comme des fonctions auxiliaires que nous chercherons à déterminer au moyen des grandeurs définissant les conditions aux limites nouvelles. Supposons par exemple, que les températures données soit celles de l'air intérieur, $f_1(t)$ pour $r \leqq R_1$, et celle de l'air extérieur $g_1(t)$ pour $r \geqq R_0$.

Les échanges superficiels de chaleur seront définis par les relations :

$$\text{face } r = R_0, \qquad -\lambda \left[\frac{\partial\theta}{\partial r}\right]_{r=R_0} = \varepsilon_0 [\theta(R_0, t) - g_1(t)]_{r=R_0},$$

$$\text{face } r = R_1, \qquad -\lambda \left[\frac{\partial\theta}{\partial r}\right]_{r=R_1} = \varepsilon_1 [\theta(R_1, t) - f_1(t)]_{r=R_1}.$$

Mais

$$\left[\frac{\partial\theta}{\partial r}\right] = \frac{R_0 R_1}{r^2(R_0 - R_1)} [g(t) - f(t)] + \sum \frac{1}{h^n} \left[\frac{\partial P_n}{\partial r} \frac{d^n f(t)}{dt^n} + \frac{\partial Q_n}{\partial r} \frac{d^n g(t)}{dt^n}\right].$$

Les constantes d'intégration figurant dans l'expression des fonctions P_n et Q_n n'étant pas encore déterminées, nous pourrons les choisir de manière que les conditions suivantes soient satisfaites

$$\left[\frac{\lambda}{\varepsilon_0} \frac{\partial P_n}{\partial r} + P_n\right] \quad \text{et} \quad \left[\frac{\lambda}{\varepsilon_0} \frac{\partial Q_n}{\partial r} + Q_n\right] = 0 \qquad \text{pour } r = R_0,$$

$$\left[\frac{\lambda}{\varepsilon_1} \frac{\partial P_n}{\partial r} + P_n\right] \quad \text{et} \quad \left[\frac{\lambda}{\varepsilon_1} \frac{\partial Q_n}{\partial r} + Q_n\right] = 0 \qquad \text{pour } r = R_1.$$

Nous devrons alors avoir, quelle que soit la valeur de t,

$$\frac{\lambda}{\varepsilon_0} \frac{R_1}{R_0(R_0 - R_1)} [g(t) - f(t)] + g(t) = g_1(t),$$

$$\frac{\lambda}{\varepsilon_1} \frac{R_0}{R_1(R_0 - R_1)} [g(t) - f(t)] + f(t) = f_1(t);$$

de ces deux équations nous déduirons les valeurs de $f(t)$ et $g(t)$ à adopter pour que la fonction $E(x, t)$ satisfasse aux conditions aux limites données.

OPTIQUE. — *Dépolarisation longitudinale de la lumière par les cristaux liquides et les cristaux mous, en fonction de la température.* Note de M. **Stéfan Procopiu**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. La lumière polarisée qui traverse un liquide tenant en suspension des particules cristallines et anisotropes éprouve une dépolarisation partielle. Cette dépolarisation est proportionnelle à la concentration en particules, à leur biréfringence, et elle n'apparaît que si leurs dimensions sont plus grandes que les longueurs d'ondes lumineuses ([1]).

Je me suis proposé d'étudier la dépolarisation par les cristaux liquides et les cristaux mous, pour connaître l'anisotropie de leurs particules à l'état de fusion trouble nématique, et à l'état de fusion en liquide transparent. La méthode employée a été celle du biréfringent à deux images de Cornu. Une couche mince de la substance à étudier est introduite entre le polariseur et le biréfringent suivi de l'analyseur. L'intensité de l'image due à la dépolarisation est amenée à être égale à celle de la seconde image par une rotation de l'analyseur d'un angle α, angle de dépolarisation. L'angle α et la dépolarisation D sont liés par la relation $2\sin^2\alpha = D$ [avec $D = N(N+P)$]. Les substances étudiées ont été le *para*-azoxyanisol, la cire des abeilles et la lanoline.

2. *Résultats.* — Le *p*-azoxyanisol, à l'état de liquide trouble, entre 116° C. et 134° C., dépolarise fortement la lumière et présente encore une luminosité très intense. Une couche de substance de $0^{mm},25$ d'épaisseur donne dans cet intervalle de température un angle de dépolarisation de $\alpha = 26°$. Au-dessus de la température de 134° la dépolarisation tombe à zéro. L'apparition et la disparition de la dépolarisation se font d'une manière brusque. Après une première fusion, la substance refroidie donne une plage non homogène, formée de petites plages lumineuses, qui correspondent à de la substance solide devenue dépolarisante par l'orientation de ses particules à la surface des disques de verre.

Par suite, le *p*-azoxyanisol est constitué par des particules anisotropes, plus grosses qu'un micron, aussi bien à l'état solide qu'à l'état de cristal liquide. La fusion à l'état nématique ne fait que faciliter l'orientation des agglomérés moléculaires; après la disparition de l'état nématique, à 134°, les particules de cristaux liquides se résolvent en des particules dont les dimensions sont de l'ordre moléculaire, de sorte que leur biréfringence n'intervient plus dans la dépolarisation.

([1]) St. Procopiu, *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 409. *Annales de physique*, 10e série, **1**, 1924, p. 270. *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 55. Nous reviendrons sur des recherches récentes de A. Boutaric et Mlle M. Hirtz, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 309, d'après lesquelles la biréfringence n'est pas la seule cause du phénomène.

Un champ magnétique de l'ordre de 2000 gauss, appliqué perpendiculairement à la couche de substance, parallèlement au faisceau de lumière, augmente considérablement la luminosité de la plage, sans toutefois changer l'angle de dépolarisation.

3. Un colloïde de *p*-azoxyanisol peut être obtenu en faisant une solution alcoolique de ce corps, diluée ensuite dans l'eau. Ce colloïde dépolarise la lumière. En mesurant l'angle de dépolarisation d'un colloïde de concentration connue, et en le comparant avec celui que donne une suspension de calcite, de concentration et de biréfringence connues, on calcule la biréfringence des particules colloïdales de *p*-azoxyanizol. J'ai trouvé $\Delta n = n_g - n_p = 0,58$, alors que les mesures directes sur un cristal unique de *p*-azoxyanizol ont donné [2] $\Delta n = 0,63$, à 19° C. et pour une longueur d'onde de $0,589\,\mu$. Par suite, la substance présente le même ordre d'anisotropie à l'état solide et à l'état colloïdal.

4. La cire des Abeilles est formée de cristaux mous. Une couche de cire de $0^{mm},25$ d'épaisseur, pressée entre deux disques de verre, présente entre 59° et 61° C. une forte dépolarisation ($\alpha = 38°$), et une illumination intense de la plage, comme dans le cas des cristaux liquides. Au-dessus de 61° C., température de fusion, la dépolarisation tombe à zéro, et au-dessous de 59° il y a assombrissement de la plage. Dans cet intervalle d'environ deux degrés où l'on observe la luminosité et la dépolarisation, la cire est formée de particules biréfringentes et de dimensions plus grandes qu'un micron. Au-dessus de la température de fusion, les groupements moléculaires se détruisent et la dépolarisation disparaît, comme dans le cas des cristaux liquides. Les cristaux mous sont un intermédiaire entre les cristaux solides et les cristaux liquides.

5. Une couche mince de cire (épaisseur $0^{mm},04$ déterminée au microscope) donne à 59°C. un angle de dépolarisation $\alpha = 27°,5$. En comparant cette dépolarisation à celle d'une couche de suspension de calcite, on déduit pour la biréfringence de la cire la valeur $\Delta n = 0,037$, alors que les mesures directes de P. Gaubert ont donné 0,040 [3].

6. La lanoline est constituée par des cristaux mous. Elle dépolarise la lumière, dès la température ordinaire, et cette dépolarisation diminue quand la température croît, pour disparaître à 39°C.

En résumé, les cristaux liquides et les cristaux mous, dans un certain intervalle de température, présentent une forte dépolarisation longitudinale et une luminosité intense, dues aux groupements moléculaires (groupements anisotropes, de dimensions plus grandes qu'un micron et facilement orientables) dont ils sont constitués. Après cet intervalle de température, la dépolarisation disparaît, les particules des cristaux se désagrègent.

---

(2) ZADOC-KAHN, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 1138.

(3) P. GAUBERT, *Comptes rendus*, 151, 1910, p. 532.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la complexité des spectres électroniques des sels d'uranyle.* Note [1] de Mme **Marie Freymann**, Mme **Thérèse Guilmart** et M. **René Freymann**, présentée par M. Aimé Cotton.

De nombreux travaux [2] ont montré que les sels d'uranyle [3] présentent, dans le spectre visible, un grand nombre de bandes d'absorption (vers les grandes fréquences) et d'émission (vers les basses fréquences). Si Nichols et Howes, Moerman et Kraak [2] avaient déjà tenté de classer ces bandes, ce n'est qu'aujourd'hui qu'on peut vraiment aborder ce problème.

Les données nouvelles qui permettent de reprendre cette question résultent de recherches récentes sur les spectres d'absorption infrarouge et de diffusion Raman des sels d'uranyle : Conn et Wu [4], Lecomte et Freymann [5], Satyanarayana [6], Pant et Sakhavalkar [7] ont mis en évidence des fréquences de vibration attribuées par ces auteurs à des oscillations de l'ion $(UO_2)^{++}$ [3]. Ce sont 210,860 et 930 cm^{-1} environ; selon Satyanarayana, 210 cm^{-1} serait en réalité un doublet : 197-226 cm^{-1}. Soulignons également que Lecomte et Freymann ont observé dans l'infrarouge la fréquence de combinaison 930 + 210 cm^{-1}; nous utiliserons prochainement ce résultat.

Grâce à ces données nouvelles, nous pouvons donner une classification assez complète des bandes électroniques des sels d'uranyle; elle fera l'objet d'une prochaine Note. Car, étant donné la complexité du problème, il nous fallait rechercher auparavant un sel dont le spectre soit relativement simple. Cette recherche nous a conduits à divers résultats d'ordre spectrochimique que nous allons exposer tout d'abord.

I. Méthode expérimentale. — Nous avons repris l'examen des spectres d'absorption et de fluorescence de divers sels d'uranyle, sulfates, nitrate, hydroxydes et acétates à l'état solide. Nous avons appliqué la méthode des poudres décrite et utilisée précédemment [8].

---

(1) Séance du 30 septembre 1946.

(2) Nichols et Howes, *Phys. Rev.*, **14**, 1919, pp. 201 et 293; Moerman et Kraak, *Rec. Trav. Ch. Pays-Bas*, 58, 1939, p. 34; V. Gmelins, *Handbuch*, 55.

(3) Nous conservons ici cette expression « sels d'uranyle » pour désigner les sels d'uranium dans la formule desquels on introduit généralement le groupement UO_2 [ex. : $(CH_3COO)_2UO_2$, $2H_2O$). Mais il est certain que les remarques de Jolibois (*Comptes rendus*, 217, 1943, p. 226) font douter de la validité de ces formules.

(4) *Trans. Far. Soc.*, **34**, 1938, p. 1483.

(5) *Bull. Soc. Chim.*, 8, 1941, p. 622.

(6) *Proc. Indian Ac. Sc.*, 15, 1942, p. 414; *J. Mysore. Univ.*, **4**, 1943, p. 57 (d'après *Chem. Abst.*).

(7) *Proc. Indian Ac. Sc.*, 19, 1944, p. 135 (d'après *Chem. Abst.*).

(8) Mme T. Guilmart et R. Freymann, *Rev. Opt.*, **17**, 1938, p.199; Mme Freymann et R. Freymann, *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 785.

II. Résultats. — 1° *Influence de la température.* — On sait que les bandes des sels d'uranyle (à l'état solide), floues et mal définies à la température ordinaire, sont beaucoup plus fines à — 195° C. Toutefois, certaines bandes restant encore larges à cette température, il serait *indispensable d'utiliser l'hydrogène ou mieux l'hélium liquide.*

2° *Influence de l'anion.* — Sulfates, nitrate, hydroxydes, acétates montrent des spectres apparemment très différents (sauf certaines bandes intenses).

3° *Influence de l'eau de cristallisation et des transformations chimiques.* — Ce qui ressort particulièrement de notre travail, c'est le *rôle capital de l'eau de cristallisation (ou de constitution) et des transformations chimiques.* Montrons-le pour divers sels.

A. *Sulfates.* — La déshydratation progressive de SO_4UO_2, $3H_2O$ du commerce modifie un peu le spectre; d'autre part, pour un échantillon dont la déshydratation avait été particulièrement poussée, toute bande d'absorption avait disparu (notons également que nous n'avons décelé aucune bande d'absorption pour les oxydes UO_2 et UO_3).

Nous avons aussi montré que *les transformations chimiques des sulfates se traduisent par d'importantes modifications spectrales,* ce qui semble avoir échappé à Nichols et Howes : les méthodes chimiques avaient montré que le sulfate peut exister sous diverses formes ([9]); or, en examinant le spectre du sulfate du commerce, avant et après recristallisation, nous avons noté ces deux résultats inattendus :

1° *Les spectres des diverses fractions (de la 1re à la 5e cristallisation) sont très différents.*

2° *Le spectre d'un échantillon donné (5e cristallisation) était profondément modifié, un mois après sa préparation* (il ne semble pas toutefois que la radioactivité intervienne ici). La méthode spectrale est donc très intéressante pour le *contrôle chimique.* Mais cette complexité même nous a conduits à rejeter le sulfate simple (et *a fortiori* les sulfates doubles) pour la classification des bandes.

B. *Nitrate.* — Nous n'avons pas développé son étude car il est hygroscopique (comme le chlorure que nous n'avons pas étudié).

C. *Hydroxydes.* — Nous avons examiné des hydroxydes de provenances diverses. S'il y a là un excellent moyen d'étude du problème chimique des hydroxydes d'uranyle, les bandes sont malheureusement très floues (même à basse température).

D. *Acétates.* — Contrairement aux cas précédents, le spectre de



$$(CH_3COO)_2UO_2, \quad 3H_2O$$

est relativement simple et varie peu d'un échantillon à l'autre, même après

([9]) Colani, *Bull. Soc. Chim.*, 43, 1928, p. 754.

recristallisation. (Le spectre de l'acétate anhydre diffère légèrement de celui du composé hydraté, mais nous avons pu lui appliquer la même classification). *Aussi avons-nous pris cet exemple de l'acétate d'uranyle hydraté pour développer la classification que nous exposerons dans une prochaine Note.*

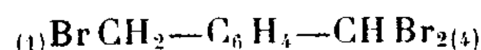
III. Remarque sur la possibilité d'observer un effet isotopique. — Un calcul sommaire (déduit du travail de Conn et Wu) nous a montré la possibilité théorique d'utiliser la spectrographie dans le visible pour distinguer les isotopes de l'uranium; il faudrait utiliser l'hydrogène liquide et un spectrographe plus dispersif que celui que nous avons employé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de ω.ω.ω'-trichloroparaxylène et obtention des aldéhydes para-alcoxyméthylbenzoïques.* Note de MM. **Georges Arditti** et **Léon Palfray**, présentée par M. Marcel Delépine.

R. Quelet (1) a préparé l'*aldéhyde para-méthoxyméthylbenzoïque* en faisant réagir l'hexaméthylène-tétramine sur le dérivé chloré


$$_{(1)}ClCH_2—C_6H_4—CH_2—O—CH_{3(4)}.$$

obtenu lui-même par action du chlorure d'acétyle sur l'éther diméthylique du paraxylèneglycol (2). S. Sabetay (3) a obtenu le même aldéhyde en transformant le ω.ω.ω'-*tribromoparaxylène*


$$_{(1)}BrCH_2—C_6H_4—CHBr_{2(4)}$$

successivement en acétal


$$_{(1)}CH_3—O—CH_2—C_6H_4—CH(OCH_3)_{2(4)},$$

par action du méthylate de sodium, puis en aldéhyde par hydrolyse. Cet auteur a obtenu de la même façon l'*aldéhyde para-éthoxyméthylbenzoïque*.

Les dérivés bromés du paraxylène étant fortement lacrymogènes, il nous a paru intéressant d'essayer de réaliser la synthèse des aldéhydes para-alcoxyméthylbenzoïques à partir du dérivé trichloré


$$_{(1)}ClCH_2—C_6H_4—CHCl_{2(4)}$$

Lorsque, dans du paraxylène pur, maintenu à 140°, on fait passer un courant de chlore sec, la susbtitution de ce gaz se produit régulièrement. Si l'on arrête la réaction après absorption de la quantité requise de chlore, on obtient après refroidissement un solide blanc, qui débarrassé de l'huile en excès, fond vers 60°. Ce solide est un mélange, dont nous avons réussi à séparer par des cristallisations fractionnées dans l'alcool :

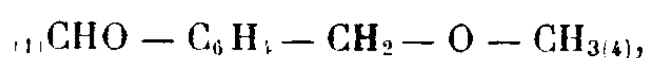
1° le ω.ω.ω'.ω'-*tétrachloroparaxylène* $C_6H_4(CHCl_2)_2$, sous forme d'aiguilles

(1) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 939.
(2) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1391.
(3) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1193.

blanches, F 95° (analyse : Cl trouvé 57,8 %, calculé 58,2 % ; cryoscopie : M trouvé 248, calculé 244), qui, par ébullition prolongée au sein d'un grand excès d'eau, se transforme en aldéhyde téréphtalique F 115°. Ce composé n'avait été obtenu jusqu'ici que par action à 190° du PCl^5 sur le paraxylène en tube scellé (4).

2° le ω.ω.ω'-*trichloroparaxylène,* non encore décrit, qui se présente sous forme d'aiguilles blanches F 72-73° (cryoscopie : M trouvé 204, calculé 209,5; analyse : Cl trouvé 50,1 %, calculé 50,8 %), solubles dans l'alcool, l'éther, l'acétone, l'éther de pétrole.

La constitution de ce produit trichloré a été établie par sa transformation successive en acétal puis en aldéhyde para-alcoxy-méthylbenzoïque. Nous avons obtenu ainsi l'aldéhyde *para-méthoxyméthylbenzoïque*


$$_{(1)}CHO - C_6H_4 - CH_2 - O - CH_{3(4)},$$

liquide incolore, d'odeur fine et agréable, $E_{25} = 130\text{-}133°$, $n_D^{22} = 1,5312$, $d_4^{22} = 1,0969$; R_m trouvé 42,31, calculé 42,11. Cet aldéhyde donne une combinaison bisulfitique, une *semi-carbazone* F = 186° et une *dinitro* 2,4-*phénylhydrazone* F = 196°. L'acétal correspondant distille de 122° à 123° sous 15 millimètres.

Nous avons préparé aussi l'*aldéhyde para-éthoxyméthylbenzoïque,* liquide incolore, d'odeur agréable fruitée et poivrée, $E_{20} = 139\text{-}140°$, $n_D^{12} = 1,5264$; $d_4^{12} = 1,062$; R_m trouvé 47,4, calculé 46,7. Cet aldéhyde donne une combinaison bisulfitique, une *semi-carbazone* F = 183° (analyse : N trouvé 19,1 %, calculé 19,0 %) et une *dinitro* 2,4-*phénylhydrazone* F = 183° (analyse : N trouvé 16,10 %, calculé 16,28 %). *L'acétal* correspondant est une huile incolore $E_{18} = 148 - 150°$.

En résumé, nous avons indiqué un mode d'obtention d'un dérivé trichloré qui permettra d'aborder plus facilement de nombreuses synthèses jusqu'alors peu accessibles.

GÉOCHIMIE. — *Sur la présence du Thoron dans différentes atmosphères de la station hydrominérale de Cauterets.* Note de Mme **Marthe Proix-Noe** et Mlle **Geneviève Proix**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'étude de l'activité induite des différents établissements thermaux de la station de Cauterets a décelé la présence du Thoron dans chacun d'eux et nous a fait reprendre sa recherche aux griffons des sources.

La méthode utilisée a été celle décrite par A. Lepape (1).

Suivant les conseils de A. Lepape et de M. Geslin, les conditions étaient les

(4) Colson et Gauthier, *Ann., Chim.*, 6e série, **11**, 1887, p. 24.

(1) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 931.

suivantes : fil de cuivre, longueur 11^{m},80 et 14^{m},50; tension négative appliquée au fil, 800 volts; chambre d'ionisation de A. Lepape, diamètre 16^{cm}, hauteur 18^{cm}; électroscope de Chêneveau et Laborde dont la fuite spontanée était déterminée avant et après chaque opération.

Le fil restait exposé sous tension dans l'atmosphère radioactive pendant 48 heures à 1^{m},50 environ du sol, puis il était enroulé sur un cadre et placé rapidement dans la chambre d'ionisation; 4 heures après l'exposition dans l'atmosphère radioactive, le courant d'activité induite engendré par le radon a disparu ([2]). Cependant l'on mesure encore un courant d'ionisation de 10 à 100 fois plus grand que celui de la fuite spontanée f et diminuant de moitié en 11 heures (tableau I), indice certain de la présence du Thoron ([3]).

Tableau I. — *Activités induites des salles thermales.*

Activités induites en unités arbitraires.	Pré. $f = 0,016$.	Raillère. $f = 0,013$.	César. $f = 0,013$.
Activité initiale ($v - f$).......	19,984	10,915	10,403
Après quatre heures »	1,36	0,716	0,129
Après quinze heures »	0,65	0,36	0,063
Thoron	(présent)	(présent)	(présent)

Nous avons donc été amenées à reprendre la recherche du Thoron aux griffons et dans les terrains d'émergence, dans les conditions indiquées plus haut.

Des circonstances matérielles et météorologiques ont limité les mesures : 1° aux griffons de la source César qui fait partie des sources du groupe Nord émergeant dans le massif schisteux; 2° aux griffons de la source de la Raillère du groupe Sud qui émerge dans le massif granitique ([4]); 3° à une terrasse située derrière les thermes de la Raillère sur les éboulis qui recouvrent les griffons de la Raillère. Les activités induites ont été les suivantes :

Tableau II. — *Recherches du Thoron dans l'atmosphère aux griffons.*

Activités induites en unités arbitraires.	Griffons		Terrasse
	César. $f = 0,013$.	Raillère. $f = 0,013$.	Raillère. $f = 0,016$.
Activité initiale ($v - f$).......	12,182	4,431	12,406
Après quatre heures »	0,991	0,491	2,275
Après quinze heures »	0,442	0,20	1,11
Thoron	(présent)	(présent)	(présent)

Les courants d'ionisation mesurés mettent en évidence, outre un dépôt

([2]) Mme P. Curie, *Traité de Radioactivité*, 1, 1910, p. 331.
([3]) *Ibid.*, 1, 1910, p. 341.
([4]) P. Urbain, *Ann. Inst. Hydrol.*, 5, 1927, p. 69.

d'activité induite dû au radon, un dépôt important d'activité induite dû au Thoron, engendrant des courants d'ionisation qui se prolongent pendant trois jours suivant la loi de désintégration du thorium B.

Il serait intéressant de pouvoir discriminer l'origine du Thoron en reprenant les mesures dans le massif schisteux et dans le massif granitique hors de la zone d'influence des émergences hydrominérales.

MÉTÉOROLOGIE. — *Détection et conditions météorologiques d'existence d'une fuite électrométrique anormale d'origine solaire.* Note de M. **Jean Lacaze**, présentée par M. Charles Maurain.

J'ai signalé dans une Note antérieure (1) l'existence de telles fuites, rencontrées au cours d'études sur la conductibilité λ de l'air à Tamanrasset par la méthode de Gerdien. Le procédé employé, pour être sûr qu'il s'agit réellement de fuites, consiste à annuler la différence de potentiel à l'intérieur du tube de Gerdien, et, par voie de conséquence, à maintenir l'électromètre, dont la déviation permet l'étude de λ, à une position de zéro, qui doit être la position même de départ en fonctionnement normal. Cette dernière condition est rigoureusement vérifiée par les électromètres à quadrants en montage hétérostatique non symétrique. (Une paire de quadrants et la cage au potentiel fixe v_1; l'aiguille et l'armature externe du Gerdien au sol; la deuxième paire de quadrants et l'armature interne du Gerdien, formant le système isolé, initialement au potentiel v_1.)

Si, dans ce montage, la différence de potentiel entre quadrants et entre quadrants et aiguille est nulle en même temps que celle du tube de Gerdien, on élimine toute possibilité de fuite par les surfaces libres des isolants ou par l'air extérieur. Si, alors, l'aiguille de l'électromètre dévie, c'est que le système isolé acquiert une charge par l'intermédiaire de ses surfaces de contact avec les isolants (trolitule et ambre) qui l'intéressent.

L'électromètre utilisé étant un électromètre à contact sur l'aiguille (2), on doit vérifier, ce qui est très aisé, que la différence de potentiel assurant ce contact n'est pas à l'origine de la déviation de l'aiguille. D'ailleurs, cette différence de potentiel (12 volts), et la capacité inhérente (pointe-plaquette à 1^{cm}), sont très faibles.

Sur 103 journées d'*enregistrements* de λ (8 septembre-19 décembre 1943), la déviation de l'aiguille (jusqu'au contact) dans les conditions ci-dessus définies a eu lieu 34 fois (2 fois le 4 novembre), le coefficient de corrélation avec l'ensemble suivant de circonstances météorologiques étant égal à 0,97 :

— maximum diurne d'humidité au sol inférieur à 33 %;

(1) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 533.

(2) J. Lacaze, *La Météorologie*, juillet-décembre 1945.

— absence de nuages bas d'eau liquide dans un cercle de 10^{km} de rayon autour de la station (cuvette de Tamanrasset);

— minceur manifeste des nuages élevés d'eau liquide ou des nuages visibles de glace;

— hauteur du Soleil inférieure à 25°.

La brume sèche, la force et la direction du vent, le champ électrique et les gradients de température et de pression dans les basses couches atmosphériques, l'intensité pyrhéliométrique, n'ont, par contre, paru jouer aucun rôle.

Les isolants utilisés étant organiques, il semble que la libération de charges électriques dans leur masse puisse être attribuée à une émission solaire très sensible à l'absorption par l'eau atmosphérique : neutrons très rapides ou proche ultra-violet (3), les premiers agissant surtout par dissociation des atomes d'hydrogène, et le second par effet photo-électrique (4).

Les conditions exceptionnelles de sécheresse persistante, au sol et en altitude [(5) et (6)], que l'on rencontre *au cœur du Sahara,* expliquent que les résultats expérimentaux précédents aient très peu de chances d'être retrouvés ailleurs.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Variations rapides simultanées du champ tellurique en France et à Madagascar.* Note (1) de MM. **Marcel Schlumberger** et **Géra Kunetz**, transmise par M. Charles Maurain.

Des enregistrements simultanés des variations du champ tellurique (2), faits le 11 octobre 1945, d'une part en France (près d'Auvillars, au sud de Dijon, Lat. N 47°03″, Long. E de Greenwich 5°.16), d'autre part à Madagascar (près d'Honko-Ampoza, Lat. S 18°07′, Long. E 45°03′), montrent une corrélation remarquable. La figure 1 représente les différences de potentiel mesurées entre les extrémités de deux lignes rectangulaires de 500^{m} orientées respectivement E-O (courbe 1) et N-S (courbe 2) à Madagascar, et SE-NO (courbe 3) et SO-NE (courbe 4) en France.

On remarquera particulièrement la ressemblance des courbes 2 et 3. La direction des variations est assez constante; elles se groupent autour d'une direction sensiblement NE-SO à Madagascar et autour de la direction NS en France (3).

(3) Mme A. Vassy et E. Vassy, *Journal de Physique et le Radium,* 10, VII, janvier, septembre et novembre 1939.

(4) M. Laporte, *Décharge électrique dans les gaz,* Paris, 1939, p. 53.

(5) M. Bruyère, *Année polaire internationale,* 1932-33, Paris, 3, 1941.

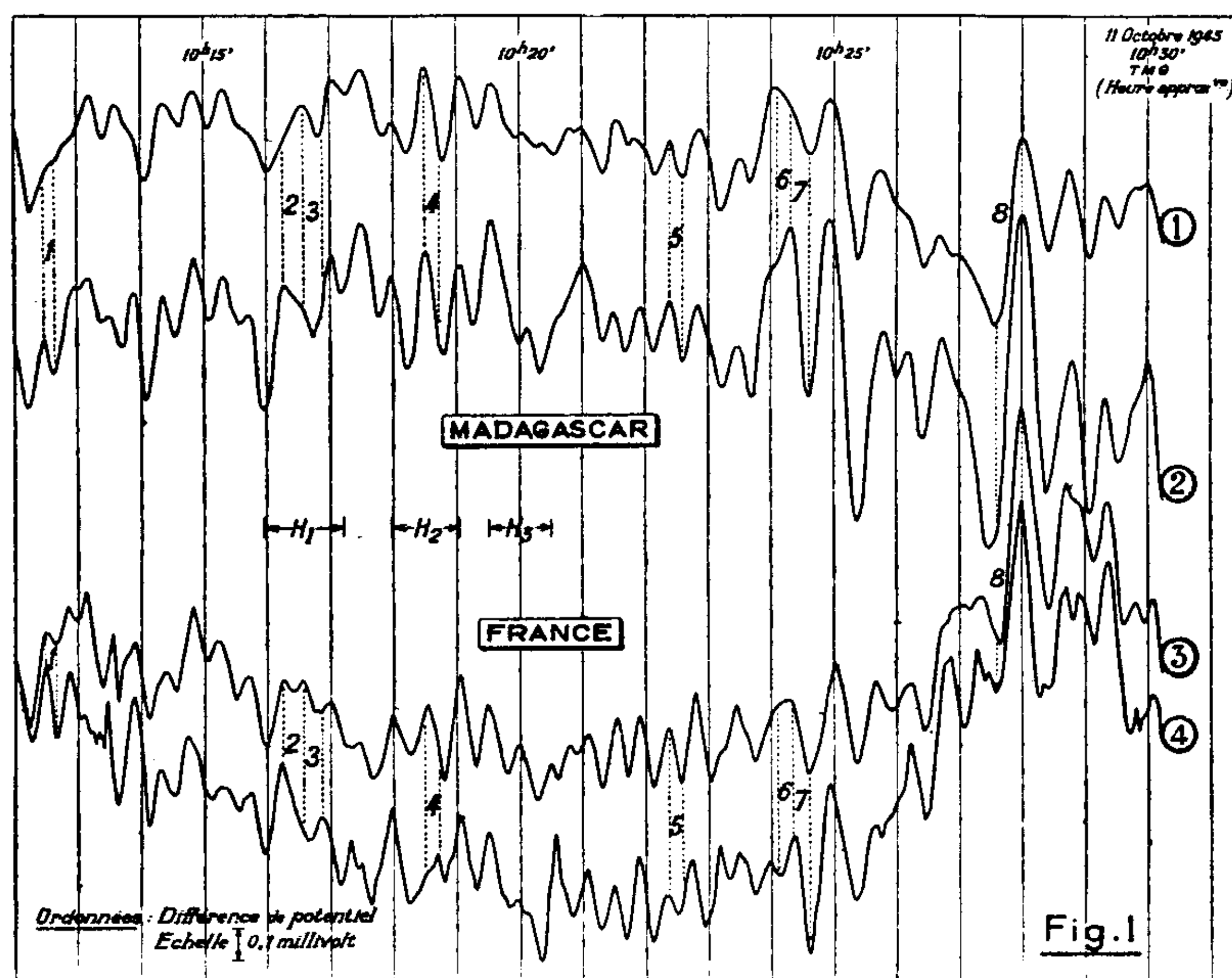
(6) R. Failletaz, *Mémorial de l'O. N. M.,* 1937.

(1) Séance du 30 septembre 1946.

(2) V. L. Migaux, *Ann. de Géophys.,* 11, II, 1946, p. 131.

(3) Directions liées essentiellement à la structure géologique *locale,* à l'aplomb des stations de mesure.

Nous avons déterminé le coefficient de corrélation entre deux séries de chiffres constituées respectivement par les abscisses des minima successifs des

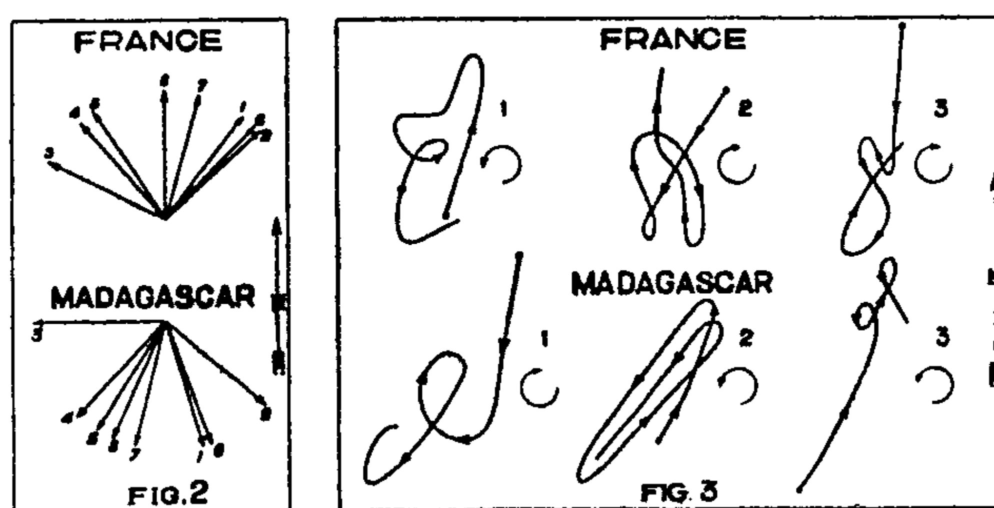


courbes 2 et 3 ([1]). Ce coefficient est de 0,84. Cette valeur élevée exclut toute possibilité de coïncidence fortuite et prouve la simultanéité des deux intervalles de temps considérés.

L'examen de la direction des variations du champ (nous les appellerons *vecteurs* dans ce qui suit) et des modifications de cette direction montre :

1° qu'à un vecteur dirigé vers le Nord en France, correspond un vecteur dirigé vers le S-SO à Madagascar.

2° que si la direction du vecteur tourne en France dans un certain sens, la rotation correspondante à Madagascar se fait en sens inverse.



La figure 2, qui représente les directions de 8 vecteurs simultanés en France

([1]) Pour que ces deux séries comportent le même nombre de termes (34), nous avons été obligés de négliger deux minima de la courbe 3 qui correspondent à des changements de direction du champ.

et à Madagascar (correspondant aux intervalles de temps numérotés de 1 à 8 sur la figure 1), illustre ce qui précède.

Cette rotation en sens inverse est confirmée par l'examen des diagrammes polaires décrits, en fonction du temps, par l'extrémité du vecteur champ. La figure 3 représente trois de ces diagrammes correspondant à des intervalles de temps, simultanés à Madagascar et en France, et indiqués sur la figure 1 en H_1, H_2 et H_3. La ressemblance de ces diagrammes est médiocre, les sens de rotation sont, par contre, à de petites irrégularités près, systématiquement inverses.

Des corrélations analogues ont été trouvées entre la France d'une part, et de l'autre, le Gabon (rotation des vecteurs en sens inverse), le Maroc et la Tunisie (rotation de même sens). La ressemblance des enregistrements simultanés est très variable, allant depuis la corrélation quantitative précise, dont un exemple a été donné ci-dessus, en passant par des corrélations qualitatives, jusqu'à s'évanouir complètement.

La rotation inverse des diagrammes polaires est à rapprocher du sens de rotation, également inverse, de la variation diurne des nappes de courants telluriques sur les deux hémisphères ([5]). Pour expliquer la rotation en sens inverse, dans le cas des variations rapides, on pourrait, par exemple, admettre que ces dernières soient dues à des nuages d'électrons, provenant du Soleil et gravitant autour de la Terre au voisinage de son plan équatorial ([6]).

MYCOLOGIE. — *Sur quelques particularités remarquables du Basidiomycète* Flammula gummosa *(Lasch) en culture pure.* Note ([1]) de M. **Robert Kühner**, présentée par M. Joseph Magrou.

Les cultures polyspermes sur milieux gélosés de *Flammula gummosa* se reconnaissent à la formation, à leur surface, d'une poussière rouillée, formée d'oïdies de $5,5\text{-}8 \times 2,7\text{-}4,5^{\mu}$, naissant en chaînes de deux.

Ces oïdies présentent un certain nombre de caractères que l'on rencontre souvent dans les chlamydospores les plus typiques : elles renferment de nombreuses petites gouttelettes réfringentes, que l'on peut présumer lipidiques; leur paroi est, non seulement colorée, mais distinctement épaissie, acidophile et acidorésistante; enfin leur maturation est accompagnée d'une contraction cytoplasmique très frappante, qui se traduit finalement par la présence, entre les deux oïdies mûres d'une même chaîne, d'un espace apparemment vide, traversé en son milieu par une fine cloison, la cloison qui a délimité à l'origine les domaines cytoplasmiques des deux oïdies, et dont le cytoplasme de chacune s'est décollé au cours de la maturation.

([5]) Voir par exemple, W. S. Rooney, *Physics of the Earth*, 8, 1936, p. 270.

([6]) Voir par exemple O. H. Gish, *C. R. Congrès Int. d'Électr.*, Paris, **12**, 1932, p. 89; Stormer, *Terrestrial Magnetism*, 36, 1932, p. 133.

([1]) Séance du 23 septembre 1946.

Dans ses parties submergées, le mycélium forme des articles plus volumineux (15-28 × 8-15$^{\mu}$), non sensiblement colorés et qui ne se détachent pas.

Le mycélium provenant de semis polyspermes ou du bouturage de fragments de carpophores est un mycélium secondaire, car il peut produire des anses d'anastomose et des articles terminaux binucléés. Les boucles sont toutefois très inconstantes sur le mycélium submergé, où elles manquent à un grand nombre de cloisons; on les retrouve cependant presque toujours à la base des gros articles ovales qui se différencient comme nous venons de le dire, à l'extrémité de certaines ramifications du mycélium submergé; elles abondent en outre sur le mycélium aérien, et se montrent de façon constante au niveau des diverses cloisons des oïdiophores qui naissent sur lui; notons toutefois que si l'on trouve encore une boucle à base de chacune des chaînes de deux oïdies, la cloison qui sépare les deux oïdies d'une même chaîne est absolument privée d'anse anastomotique.

Lorsqu'on bouture un fragment du mycélium aérien développé sur un milieu gélosé, dans une couche ténue de liquide nutritif retenu entre une lame de verre et une pellicule de collodion, on obtient, au moins au début, des filaments rayonnants, à cloisons bouclées, et dont tous les articles sont binucléés. Les articles des oïdiophores sont également binucléés, y compris les oïdies.

En règle générale, chacune de ces oïdies binucléées est capable, en l'absence de toute copulation avec un autre élément, de reproduire le mycélium secondaire.

En pratiquant un grand nombre de ces cultures mono-oïdiennes, nous avons réussi à obtenir trois mycéliums différant des mycéliums d'origine polysperme par l'absence totale de boucles, même aux cloisons des oïdiophores, et par la présence d'un seul noyau dans les articles des oïdiophores et dans la majorité des oïdies; il s'agissait de toute évidence de mycéliums primaires, et leur découverte nous permet d'affirmer que *Flammula gummosa* est une espèce hétérothallique, ce qui n'avait pu être reconnu jusqu'alors parce qu'on n'avait pas réussi à obtenir la germination de basidiospores isolées.

On peut supposer que si les oïdies produites par le mycélium secondaire reçoivent en général deux noyaux, quelques-unes peuvent être uninucléées par accident; telle est vraisemblablement l'origine des trois mycéliums primaires obtenus à partir de cultures polyspermes.

Les oïdies produites par les parties aériennes des mycéliums primaires sont morphologiquement très comparables à celles décrites plus haut pour le mycélium secondaire et peuvent notamment être l'objet d'une contraction cytoplasmique tout aussi manifeste au cours de leur maturation, mais il y en a souvent plus de deux par chaîne; de même les parties submergées du mycélium primaire montrent des articles renflés, identiques à ceux signalés plus haut pour le mycélium secondaire.

Dans le mycélium primaire développé sous collodion, le cloisonnement n'est pas lié aux divisions nucléaires; il est très en retard sur elles, de sorte que les articles terminaux en croissance active sont toujours multinucléés; seules les parties âgées des filaments sont constituées d'articles courts, ne renfermant qu'un ou deux noyaux.

Fait remarquable : lorsqu'on bouture sous collodion une parcelle d'un mycélium secondaire, développé sous une profondeur d'eau appréciable, dans le milieu liquide contenu au fond d'un tube à essais, les innombrables filaments rayonnants qui se développent rapidement autour de cette parcelle, offrent un aspect cytologique tout à fait comparable à ceux du mycélium primaire, c'est-à-dire qu'ils se terminent comme eux, non par un article binucléé, mais par un article qui peut contenir plus de 30 noyaux, et que les cloisons qui se développent dans leurs parties âgées sont totalement dépourvues de boucles. La nature secondaire de ces axes rayonnants se traduit seulement par le fait que des articles plus ou moins éloignés de l'article terminal, émettent des rameaux latéraux plus grêles, à cloisons bouclées, et dont l'extrémité libre est constituée par un compartiment binucléé.

Lorsqu'il se développe en situation submergée, le mycélium secondaire arrive en somme à ressembler étrangement au mycélium primaire par le comportement caryologique de ses filaments principaux, tout en conservant sa bisexualité.

HISTOLOGIE. — *Les formations nerveuses géantes de l'appendice du Chimpanzé* (*Troglodytes niger*). Note [1] de M. Frédéric Gluckmann, présentée par M. Robert Courrier.

L'appendice du Chimpanzé, parmi ceux des Primates, par ses dimensions et par sa structure, accepte le moins la thèse selon laquelle cet organe représenterait un simple vestige ancestral dépourvu de toute utilité pour l'économie.

L'appendice du Chimpanzé adulte peut dépasser, en effet, chez le mâle [2] la longueur de 20^{cm}; en même temps son orifice est pourvu d'une valvule, anatomiquement efficiente, constituée par deux paires de valves superposées (voir *fig.* 1). Cette valvule imposante ferme hermétiquement son embouchure et opère ainsi une séparation complète entre le canal de l'appendice et le contenu cæcal : l'injection de liquide poussé à haute pression par le cæcum ligaturé laisse, en fait, l'appendice complètement flasque.

---

(1) Séance du 30 septembre 1946.

(2) L'appendice des Anthropoïdes se développe appréciablement depuis la naissance, et évolue exactement comme l'appendice de l'homme, dont les dimensions, la forme et le niveau d'insertion ne sont pas les mêmes chez l'enfant que chez l'adulte. Ce qui explique les grandes divergences entre les chiffres donnés par les différents auteurs à ce sujet.

Mais ce qui prouve surtout la faiblesse de la théorie vestigiale de l'appendice, est la constitution anatomique de cet organe chez le Chimpanzé, qui, loin de lui conférer les caractères d'une formation rudimentaire, le classe parmi les organes neuromusculaires les plus perfectionnés.

A part l'épaisseur de ses couches musculaires, qui dépasse le double de celle

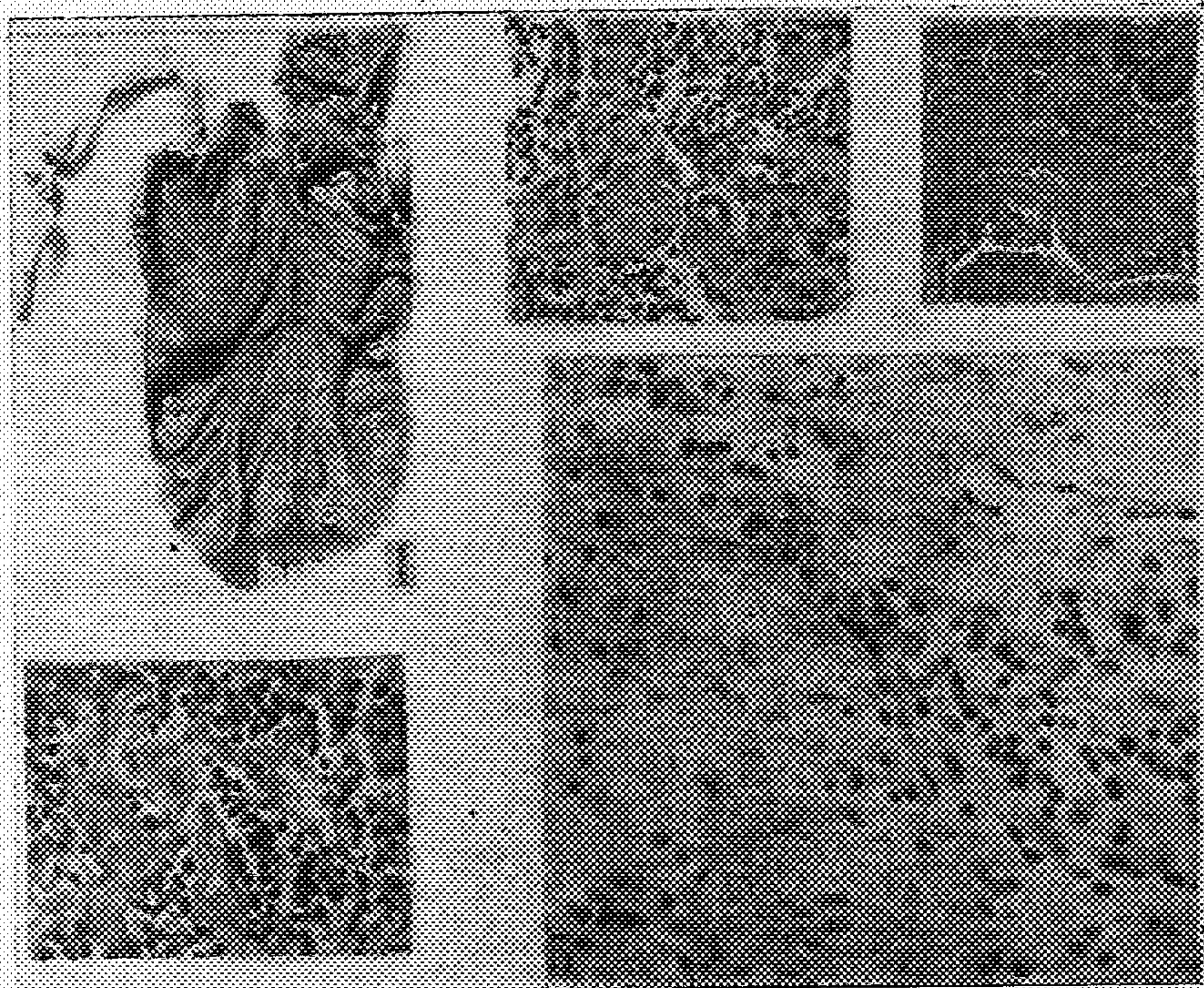


Fig. 1. Appendice cæcal du Chimpanzé (*Troglodytes niger*). Vieux mâle. Fragment interne d'une coupe sagittale du cæcum passant au ras de la valvule iléo-cæcale, que l'on distingue à la partie droite et supérieure de la figure. L'insertion de l'appendice est directement rétrocæcale et se trouve *au même niveau* que l'embouchure de l'iléon. Sa soustraction du contenu cæcal est effective. On distingue nettement les deux paires de valves superposées constituant l'imposante valvule appendiculaire. L'appendice, normalement plusieurs fois spiralé autour d'un mésoappendice épais et abondamment vascularisé, mesure 21^{cm} (échelle en centimètres). — Fig. 2 et 3. Aspect des relais nerveux dans la zone folliculaire de l'appendice du Chimpanzé (*Troglodytes niger*). Mâle adulte. Coloration simultanée à l'hématobleu. (150 × et 100 ×). — Fig. 4. Épanouissement nerveux sous la zone des cryptes glandulaires. Coloration à l'hématobleu. (50 ×). — Fig. 5. Nœuds nerveux géants dans la zone folliculaire de l'appendice du Chimpanzé. Aspect typique de névrome de l'appendice humain. Coloration simultanée à l'hématobleu (300 ×) Microphotographies.

de la musculature intestinale, son appareil nerveux présente un aspect et un développement inconnus dans le tractus alimentaire, considéré à n'importe quel point de son trajet.

Le plexus myentérique y est constitué par une chaîne presque ininterrompue de ganglions sériés d'où émerge un système de relais de fibres d'une épaisseur considérable (voir *fig.* 2 et 3) et qui, après avoir traversé la couche musculaire

circulaire, forment dans la sous-muqueuse une série de *nœuds nerveux* d'un développement impressionnant (voir *fig.* 5).

Ils ne peuvent être comparés à aucun autre élément similaire normal de l'organisme des Primates. Mais ils rappellent étrangement certaines hypertrophies *pathologiques* des nerfs, les névromes de Pierre Masson, que l'on rencontre dans l'appendice humain lui-même.

Ces relais nerveux géants croisent la zone folliculaire, cette dernière étalée chez le Chimpanzé, et viennent se dissoudre sous les cryptes glandulaires en de vastes *épanouissements terminaux* qui se mettent directement en rapport avec les bases des glandes (voir *fig.* 4). Leur largeur dépasse 500 et 600 microns, pouvant englober un nombre de 10, 12 bases glandulaires et plus à la fois.

Le contact direct entre ces organes nerveux terminaux et les bases des cryptes glandulaires, siège des cellules argentaffines, suggère l'existence de relations réciproques intimes entre ces dernières et les épanouissements nerveux cités. Le manque de matériel frais ne nous a pas encore permis de vérifier cette hypothèse.

Ce fait présente un intérêt doctrinal particulier, car on sait que les hypertrophies nerveuses pathologiques de l'appendice humain, qui ressemblent à s'y méprendre aux nœuds nerveux normaux de l'appendice du Chimpanzé, sont habituellement en rapport (P. Masson) avec une prolifération concomitante des cellules argentaffines, ce qui dénote l'existence d'affinités étroites, fonctionnelles et originelles, entre les cellules argentaffines et les nerfs.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'aberration chromatique de l'œil.* Note [1] de M. **Alexandre Ivanoff**, présentée par M. Jean Becquerel.

Nous avons exposé antérieurement [2] le principe de la méthode que nous utilisons pour la mesure de l'aberration chromatique de l'œil, ainsi que ses avantages. Voici les résultats obtenus après étude de sept yeux.

Résultats expérimentaux. — Nous avons mesuré l'aberration chromatique de chaque œil pour les trois longueurs d'onde suivantes : $452^{m\mu},5$, $514^{m\mu}$ et $712^{m\mu}$. Chaque œil a été étudié du côté temporal et du côté nasal, pour des décentrements h variables entre $0^{mm},5$ et $3^{mm},5$ (avec pupille dilatée). Nous avons observé que le décalage Δ n'est pas toujours proportionnel à h, et que par conséquent la valeur de l'aberration chromatique varie avec la distance à l'axe achromatique de l'œil [2]. Les chiffres que nous fournissons ci-après sont des moyennes obtenues de chaque côté de cet axe, en dioptries (aberration chro-

(1) Séance du 30 septembre 1946.

(2) *Comptes rendus*, 223, 1946, pp. 170-172.

matique par rapport à $589^{m\mu}$), La variation de l'aberration chromatique n'étant généralement pas symétrique par rapport à l'axe achromatique, les résultats obtenus ne sont pas les mêmes du côté temporal et du côté nasal.

		$452^{m\mu},5$.	$514^{m\mu}$.	$712^{m\mu}$.
1.	Temporal	1,11	0,40	−0,33
	Nasal	1,01	0,46	−0,29
2.	Temporal	1,02	0,41	−0,51
	Nasal	1,17	0,56	−0,40
3.	Temporal	1,21	0,55	−0,48
	Nasal	1,16	0,40	−0,64
4.	Temporal	1,03	0,46	−0,51
	Nasal	1,29	0,46	−0,48
5.	Temporal	0,88	0,33	−0,61
	Nasal	1,04	0,49	−0,36
6.	Temporal	1,04	0,50	−0,29
	Nasal	1,16	0,48	−0,62
7.	Temporal	1,01	0,47	−0,51
	Nasal	1,22	0,66	−0,50

Moyenne générale : $1^d,10$ pour $452^{m\mu},5$; $0^d,47$ pour $514^{m\mu}$; — $0^d,47$ pour $712^{m\mu}$.

Conclusions. — 1° En admettant pour les divers milieux de l'œil une dispersion voisine de celle de l'eau, on peut calculer une aberration chromatique théorique. Ce calcul a été fait par le Dr Polack et par M. Yves Le Grand, et mène aux résultats suivants : $1^d,11$ pour $452^{m\mu},5$; $0^d,51$ pour $514^{m\mu}$; — $0^d,55$ pour $712^{m\mu}$. Nos résultats expérimentaux s'accordent donc fort bien avec la théorie, alors que ceux obtenus antérieurement par d'autres méthodes expérimentales indiquaient une aberration plus grande dans le bleu ($1^d,34$ environ pour $452^{m\mu},5$, d'après le Dr Polack) et inférieure dans le rouge (— $0^d,34$ environ pour $712^{m\mu}$, d'après le Dr Polack), ainsi que parfois un palier dans le milieu du spectre (Nutting, Sheard).

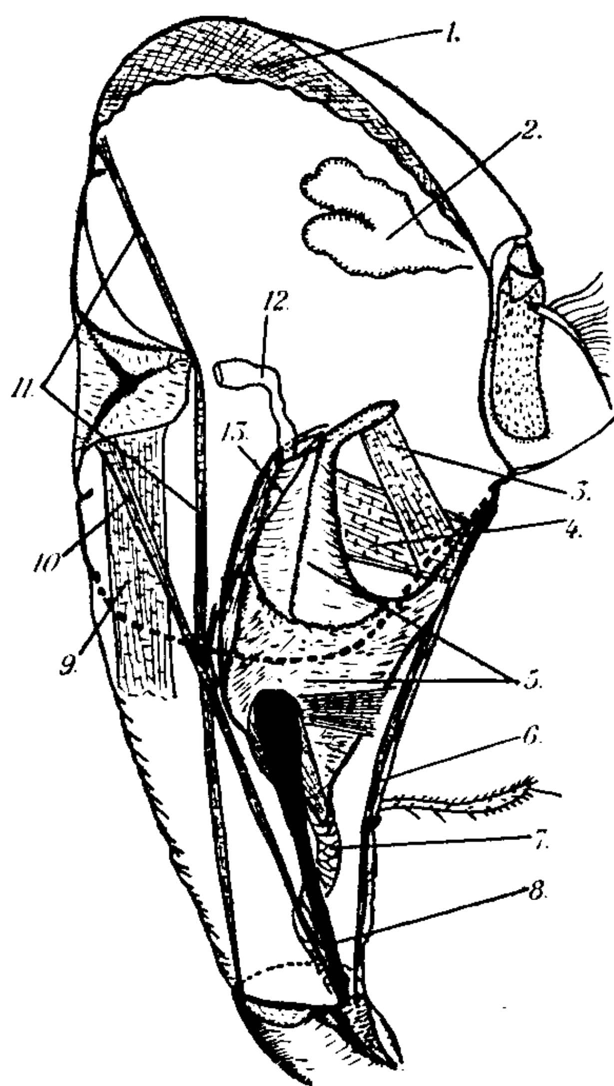
L'accord est toutefois moins satisfaisant vers l'extrémité rouge du spectre.

2° La valeur de l'aberration chromatique varie non seulement d'un œil à l'autre, mais aussi à l'intérieur d'un même œil. Cette variation peut certainement atteindre $0^d,2$ dans le bleu (yeux 4 et 7), $0^d,15$ dans le vert (yeux 2, 3, 5 et 7) et $0^d,25$ dans le rouge (yeux 5 et 6).

L'hétérogénéité du cristallin et du vitré paraît incapable d'expliquer de telles variations. D'autre part, celles-ci semblent être plus grandes pour l'extrémité rouge du spectre que pour l'extrémité violette. Ces faits n'ont pas encore reçu d'interprétation satisfaisante.

ENTOMOLOGIE. — *Morphologie de l'appareil rostral de l'imago de* Stomoxys calcitrans L. Note de M. **François Gouin**, présentée par M. Émile Roubaud.

L'appareil buccal de *St. calcitrans* se compose du rostre et de la trompe (ou haustellum), celle-ci formée des pièces buccales proprement dites : le labium et ses labelles, le labrum-épipharynx et l'hypopharynx.



Stomoxys calcitrans L. Diagramme de l'appareil rostral.

1, œil; 2, ptilinum; 3, muscle de la corne fulcrale; 4, muscles dilatateurs du pharynx; 5, fulcrum; 6, muscle longitudinal dorsal de la trompe; 7, tube digestif; 8, apodème et ses deux muscles; 9, muscle rétracteur du rostre; 10, muscle oblique; 11, grand muscle longitudinal ventral de la trompe; 12, œsophage; 13, muscle de la pompe salivaire.

Le rostre, invaginable, est constitué par une membrane reliant la trompe au péristome et renforcée, en arrière des palpes maxillaires, courts et immobiles, par le clypéus, sclérite en arceau ouvert vers l'avant, articulé au bord épistomal. Il comporte, de plus, deux pièces sclérifiées internes, placées l'une en avant de l'autre : les apodèmes et le fulcrum. Le fulcrum est formé de deux pièces latérales, vaguement triangulaires, soudées au clypéus, et d'une pièce médiane, intérieure, reliant les latérales, à double paroi : *le plancher* et *le plafond* de la cavité pharyngienne, celui-ci articulé aux pièces latérales et pourvu d'une crête médiane. Les pièces latérales sont prolongées vers l'avant par deux petites pointes flanquant le tube digestif qui a, entre le fulcrum et la trompe, une

structure *trachéoïde*. Vers l'œsophage elles sont prolongées par deux *cornes* légèrement arquées vers l'extérieur. Le fulcrum est un levier d'érection de la trompe et forme l'ossature de la pompe pharyngienne.

Le sclérite antérieur, en forme de baguette, est l'apodème dont l'extrémité postérieure, libre, est élargie en cuillère, tandis que l'antérieure s'articule au labrum. Cette pièce, *stipes* selon *Weber* (*Lehrbuch Entomologie*, 1933), est invaginée, donc extérieure au rostre, car sur une section transversale la partie sclérifiée se trouve à l'intérieur de l'épithélium.

Quant à la musculature, il y a lieu de distinguer deux groupes : 1° la musculature du tube digestif et 2° les muscles moteurs du rostre et de la trompe. Dans le premier groupe se rangent deux muscles pairs : le muscle très grêle de la pompe salivaire dont le point fixe se trouve sur les cornes fulcrales, et les puissants dilatateurs du pharynx, qui, s'appuyant sur le clypéus, s'insèrent en éventail sur le « plafond » du pharynx.

Le deuxième groupe comprend, d'une part, les deux muscles de la corne fulcrale dont le point fixe se trouve sur le péristome, en avant de l'articulation clypéo-frontale; ensuite les deux muscles dorsaux de la trompe qui, s'appuyant sur le clypéus entre les dilatateurs, s'insèrent sur le labrum en avant des apodèmes; en outre, les deux muscles longitudinaux postérieurs de la trompe qui, prenant appui sur la paroi postérieure de la tête près du vertex, s'insèrent sur le labium, un peu en arrière de l'articulation labro-apodémale; enfin l'apodème est pourvu de deux muscles d'inégale importance s'insérant sur la partie élargie et perpendiculaires l'un à l'autre; le plus faible rejoint la membrane du rostre, l'autre relie l'apodème aux pointes fulcrales antérieures; il est à peu près parallèle à celui-ci.

D'autre part, se rattachent à ce groupe les deux muscles obliques qui s'insèrent sur le labrum à côté des apodèmes et prennent appui sur une saillie occipitale près du foramen; en outre, les deux puissants muscles longitudinaux postérieurs du rostre, dont le point fixe se trouve sur la saillie occipitale, à côté de celui du muscle oblique.

La structure de l'appareil rostral de la Glossine est à peu près identique; l'absence du muscle longitudinal postérieur du rostre est évidemment corrélative à la réduction de celui-ci (cf. Jobling, *Parasitol.*, 14, 1933, p. 449).

PROTISTOLOGIE. — *Endosymbiose bactérienne chez divers Ciliés parasites intestinaux*. Note de M. **Raymond Hovasse**, présentée par M. Louis Fage.

Dans deux Notes antérieures [1] j'ai indiqué que plusieurs espèces d'Infusoires Astomes, parasites de l'intestin d'Oligochètes, avaient une grande partie

[1] *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 713-715, et **221**, 1945, pp. 125-127.

de leur cytoplasme bourré de bactéries non envacuolées, paraissant se comporter comme endosymbiotes.

Étant donnée la possibilité d'une relation entre l'Astomie et l'Endosymbiose, j'ai été conduit à examiner le plus possible d'Astomes, et tout d'abord ceux des Oligochètes communs.

Le phénomène ne s'est pas montré général pour tous les Astomes étudiés : à côté d'espèces qui sont toujours richement infectées par des Bactéries, telles les trois espèces communes parasitant *Lumbriculus variegatus*, il en est d'autres qui n'en ont que dans certaines localités, ou même qui en sont toujours indemnes.

L'enquête, poursuivie chez d'autres Oligochètes, et dans des groupes zoologiques variés, a fourni les résultats suivants :

Radiophrya Brasili (Léger et Duboscq), parasite du Cirratulien *Audouina tentaculata* Mont., semble dépourvue de Bactéries à Roscoff.

Il n'y en a certainement pas chez *Spirobütschliella Chattoni* Hov., que j'ai récemment décrite d'une autre Polychète, le Serpulien *Potamoceros triqueter* L., de Banyuls.

Cepedella hepatica Poyarkoff, du foie des *Sphaerium corneum* L., qui vit fixée aux parois des tubes hépatiques de ce Lamellibranche, n'a pas non plus de Bactéries.

Il n'y en a pas davantage chez les *Haptophrya gigantea* Maupas, provenant de l'ampoule rectale des Discoglosses, dans la région de Banyuls.

Par contre, il existe des Bactéries chez les *Acanthophrya inermis* Stein de la Sangsue *Helobdella stagnalis* L., dans la région de Vichy.

J'ai aussi trouvé Bactérifères deux types de Ciliés, cette fois non Astomes, vivant dans les mêmes conditions de parasitisme intestinal que les formes précédentes.

Tout d'abord un *Ptychostomum sp.*, rencontré dans l'intestin moyen de l'Oligochète *Eiseniella tetraedra* en Auvergne. Le fait n'est pas nouveau pour ce genre, car le phénomène a déjà été signalé de *Ptychostomum Chattoni* Rossolimo, par Studitsky (1932), et, l'année suivante, Miyashita a décrit du Japon un *P. bacteriophilum*.

Les Bactéries abondent d'autre part dans *Nyctotherus cordiformis* Stein : je les ai observées aussi bien chez les Discoglosses de Banyuls que chez les *Rana temporaria* d'Auvergne.

Les *Ptychostomum* n'ont qu'une bouche réduite, tandis que cet organe est normal chez les *Nyctotherus* : dans les deux cas, l'invasion bactérienne est tout à fait comparable à ce qu'elle est chez les Astomes. Il semble également exister une espèce de Bactérie spéciale à chaque Cilié. Manifestement, le cytoplasme des hôtes ne présente pas de réactions vis-à-vis de ses parasites, qui ne sont pas pathogènes : il y a ainsi accoutumance mutuelle, vraisemblablement symbiose.

L'endosymbiose bactérienne n'est donc nullement un apanage des Ciliés Astomes : elle doit se rapporter à des conditions écologiques analogues existant dans les divers contenus intestinaux, et que peuvent subir des types divers de Ciliés.

IMMUNOLOGIE. — *Nouvelle méthode de purification des immunosérums.* Note [1] de M. **Maurice Doladilhe**, présentée par M. Gaston Ramon.

Le sulfate de cuivre qui précipite, d'un sérum complet, la totalité des protéides, n'en précipite qu'une partie lorsque le sérum est déminéralisé. Les propriétés anaphylactiques du sérum se retrouvent, *en totalité,* dans le précipité; le surnageant, anaphylactiquement inerte, constitue le sérum purifié.

Nous avons obtenu antérieurement [2] un résultat analogue au moyen des sels d'uranium; des travaux plus récents [3] viennent, d'ailleurs, de démontrer que les propriétés anaphylactiques du sérum sanguin sont exercées par une partie seulement de ses protéides [4].

La méthode que nous présentons ici est susceptible de retenir l'attention, du fait qu'une fraction importante des anticorps se localise, au cours du fractionnement, dans le sérum purifié sans en modifier sensiblement l'inertie anaphylactique.

Faute de moyens matériels nous avons dû limiter nos expériences aux sérums de Lapin agglutinants (T. A. B.) et au sérum de Cheval hémolytique anti-Mouton.

Voici les détails de notre technique :

On précipite le sérum dialysé par une solution de sulfate de cuivre à 5^g par litre. Le mélange du précipité et du surnageant est dialysé pour enlever le sulfate de cuivre en excès, puis porté à 55° pendant 30 minutes. On sépare ensuite le surnageant, on l'isotonise, et l'on compare son pouvoir anticorps à celui du sérum dialysé.

Voici un exemple des résultats fournis par une de nos séries d'expériences (sérum agglutinant le Bacille paratyphique B). Les chiffres inscrits indiquent, pour chaque mesure, la dilution du sérum dans l'émulsion microbienne, les signes + l'agglutination et les signes — l'absence d'agglutination, après 2 heures de séjour à l'étuve à 37°.

Dilution du sérum....	1/1000.	1/2000.	1/3500.	1/4000.	1/4500.	1/5000.
Sérum dialysé........	+	+	+	+	+	—
» purifié........	+	+	+	—	—	—

(1) Séance du 30 septembre 1946.

(2) *Annales de l'Institut Pasteur,* **70**, 1944, p. 305.

(3) Doladilhe, *Comptes rendus,* **221**, 1945, p. 66.

(4) Mazille, *ibid.,* **222**, 1946, p. 927.

Pour le contrôle anaphylactique l'injection préparante (intra-péritonéale) est de $0^{cm^3},2$ de sérum purifié ou de sérum dialysé.

Un mois après, l'injection d'épreuve (1^{cm^3} de sérum complet) est faite par voie intra-cardiaque.

Le tableau II donne un exemple des résultats obtenus. Les chocs types et mortels sont représentés par le signe +, l'absence de choc par le signe — et le choc fruste non mortel par le signe ?.

TABLEAU II.

Injections préparantes de	Expérience n° 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
sérum complet.....	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
sérum purifié......	—	—	—	?	—	—	?	—	—	—

Ces résultats montrent que cette méthode fournit un sérum purifié dont la richesse en anticorps est appréciable et dont l'activité anaphylactique est pratiquement abolie.

A 15^h40^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h10^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 8 juillet 1946.)

Note de M. *André Rivière,* Sur l'identité structurale des illites et de la bravaisite de Noyant (Allier) :

Page 95, ligne 21, *au lieu de* M. Orcel a pu étudier, *lire* Grâce à M. Orcel, j'ai pu étudier.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de septembre 1946 (*suite et fin.*)

Over den Spanningstoestand in Doorboorde Platen, par Kurt Johann Schulz. Thèse. Delft, Gedrukt bij Drukkerij Waltman (A. J. Mulder), 1941; 1 vol. 29cm.

Typedruktelegrafie op Radioverbindingen, par Hendrik Cornelis Anthony van Duuren. Thèse. Delft, Drukkerij Waltman (A. J. Mulder), 1941; 1 vol. 24cm.

Bijdrage tot oordeelkundig Beheer van Het Duinwaterkapitaal, par Pieter Cornelis Lindenbergh. Thèse. Leiden, N. V. Boek-en Steendrukkerij Eduard Ijdo, 1941; 1 vol. 24cm.

Onderzœk naar den Weerstand van Bitumen-Mineraalaggregat-Mengsels tegen Plastiche Deformatie, par Lambert Willem Nijbœr. Thèse. Amsterdam, N. V. Noord-Hollandsche Uitgevers Maatschappij, 1942; 1 vol. 24cm.

De Bereiding van Peroxyden Door oxydatie van Propaan en Aethaan en Hun Tœpassingen, par Pieter Leendert Kooijman. Thèse. Delft, Alphen A. D. Rijn, Drukkerij C. Haasbeek, 1942; 1 vol. 24cm,5.

Over de Elastiche Eigenschappen van Gevulcaniseerde Rubber, par Cornelis Willem Kosten. Thèse. Delft, Gedrukt bij Drukkerij Waltman (A. J. Mulder), 1942; 1 vol. 24cm.

Louis Mangin et Pierre Allorge premiers titulaires de la Chaire de cryptogamie du Muséum. Leçon inaugurale du cours de cryptogamie prononcée le 25 mars 1946, par Roger Heim. 1 fasc. 24cm.

Dictionnaire technique des termes du Pétrole en français, anglais, russe, allemand, publié par le Groupe français du Conseil de Contrôle. Mission des Carburants. Deuxième édition. Berlin, 1946; 1 vol. 21cm.

A Strain theory of Mater, by Mahmoud Hessaby. Tehran, Taban Press, 1946, 1 vol. 20cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 OCTOBRE 1946.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

L'Académie, informée du Congrès scientifique actuellement réuni à l'**Observatoire de Cordoba**, en République Argentine, décide d'exprimer à ses participants le vœu que les relations scientifiques internationales, interrompues par la guerre, puissent se développer de nouveau.

M. **Arnaud Denjoy** présente un Ouvrage en ces termes :

J'ai l'honneur de déposer sur le Bureau de l'Académie un exemplaire d'un volume tout récemment paru sous le titre l'*Énumération transfinie*, Livre I, *La notion de rang*. J'avais remis, il y a plus de quatre ans et demi, au Directeur de la Maison Gauthier-Villars le manuscrit total de l'Ouvrage comprenant également un Livre II et des Notes.

Dans la première Partie actuellement offerte au public, je me suis attaché à convaincre le lecteur que le transfini a sa place utile et nécessaire dans l'Analyse mathématique. Tout passage à la limite d'une suite introduit l'idée du transfini. Or cette opération est le fondement même du développement moderne de notre science. Sa répétition itérée autant qu'on peut le concevoir crée le transfini général. Je me suis efforcé, par des représentations arithmétiques ou géométriques simples, données aux nombres transfinis, de libérer ceux-ci du caractère d'imprécision nébuleuse qu'on leur a trop souvent maintenu jusqu'ici.

ÉLECTRONIQUE. — *Perfectionnement aux analyseurs de Télévision.* Note (1) de M. **René Barthélemy**.

Dans une précédente Note (2), j'avais exposé une théorie du fonctionnement de l'iconoscope basée sur l'existence d'une charge d'espace au-dessus du point d'impact du faisceau primaire; cette charge, formée par les électrons secondaires, crée un potentiel retardateur qui peut atteindre deux volts, et la distance

---

(1) Séance du 30 septembre 1946.

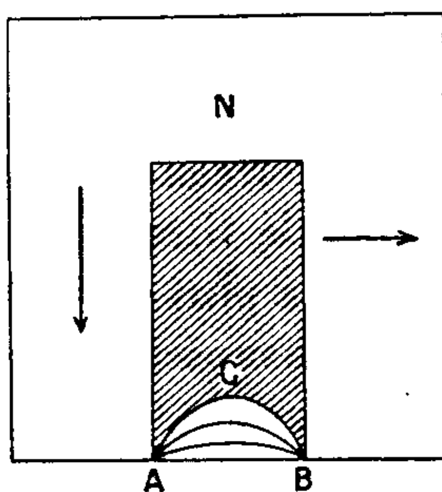
(2) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 245.

du minimum de potentiel à la mosaïque photosensible varie, en fonction du courant du faisceau, entre quelques millimètres et plusieurs centimètres.

On sait que le retour sur la mosaïque de l'analyseur d'une fraction des électrons secondaires émis provoque des inégalités dans la réponse, à l'exploration, d'une surface uniformément éclairée; on parvient à éliminer à peu près ces variations par l'introduction de tensions auxiliaires synchronisées et de formes convenables, dans les amplificateurs.

Cependant, un défaut important subsiste, c'est celui qu'on observe, à la fin des analyses, principalement de celle de basse fréquence, ou analyse verticale, lorsque l'image à transmettre présente une partie obscure au voisinage de l'arrêt de l'exploration.

Un nuage blanchâtre apparaît, au tube récepteur, sur la surface qui devrait être noire. La figure 1 montre un cas typique de ce phénomène : une bande uniformément noire, N par exemple, placée sur un fond blanc, présente, à la réception, une luminosité parasite dans la partie A, C, B.



Cet inconvénient peut s'expliquer par l'insuffisance de retour des électrons secondaires sur cette partie. En effet, l'impact primaire provoque, sur les parties obscures, un départ définitif d'électrons secondaires plus important que sur les zones éclairées : la brusque élévation du potentiel des grains de la mosaïque est ensuite lentement compensée par le retour des électrons secondaires, émis par les parties voisines, explorées à leur tour; les trajectoires de ces électrons sont influencées par la composante transversale du champ électrique dirigée sensiblement selon une diagonale de la mosaïque, champ créé par le saut de potentiel, dû à l'impact.

Si les zones suivantes sont également noires, elles fournissent peu d'électrons de retour; à fortiori, si elles n'existent pas, comme au bas de l'image ou à droite, les parties noires, voisines de ces bords, ne sont pas rendues assez négatives après l'impact et, à l'analyse suivante, elles révèlent un potentiel plus élevé que celui des parties hautes; ce qui se traduit par le nuage blanchâtre.

Cette explication, issue des considérations que j'avais développées l'an dernier, m'a mis sur la voie d'une solution simple du problème de l'annulation de cette tache parasite, redoutée par les exploitants des studios de télévision.

Elle consiste à disposer sur le bord de la mosaïque, correspondant à la fin du balayage, une languette métallique, en argent par exemple, qui est sensibilisée au cours de la formation normale des éléments photoélectriques, et devient susceptible d'émettre des électrons secondaires lorsqu'elle est frappée par le faisceau explorateur, avant la suppression périodique de ce dernier. Le potentiel de cette cible auxiliaire est réglable de l'extérieur.

L'expérience montre une heureuse concordance avec les prévisions théoriques. La suppression du nuage blanc est obtenue pour une tension positive qui est très voisine de celle calculée pour des éléments éclairés. Cette tension doit être réglée en fonction du courant primaire, ce qui n'est pas une difficulté d'exploitation, l'intensité du faisceau étant pratiquement constante au cours d'une émission de télévision.

NOMINATIONS.

MM. **Louis Blaringhem** et **Gaston Fayet** sont désignés pour représenter l'Académie à la Cérémonie, organisée par l'**Association Franco-Danoise**, qui aura lieu le mercredi 16 octobre 1946, à l'Observatoire de Paris, pour l'inauguration de l'inscription rappelant que la vitesse de la lumière y fut découverte en 1676 par l'Astronome danois Olaus Römer.

M. **Élie Cartan** est désigné pour représenter l'Académie au Congrès scientifique organisé par le **Comité du cinquantenaire de la mort de Pasteur**, du 18 au 25 novembre 1946, à Paris, et qui sera consacré à l'œuvre de Pasteur et à ses conséquences actuelles.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Une propriété optimale de certains ensembles critiques du type* A. Note [1] de M. **Erich Lehmann**, transmise par M. Émile Borel.

Considérons une loi de probabilité élémentaire à n variables, dépendant d'un paramètre θ,

$$(1)\qquad p\left(\frac{E}{\theta}\right), \qquad E=(x_1, \ldots, x_n).$$

Pour vérifier l'hypothèse $H:\theta=\theta_0$, J. Neyman et E. S. Pearson [2] ont proposé d'utiliser, s'il existe, l'ensemble critique uniformément le plus puissant des ensembles bien placés, c'est-à-dire l'ensemble du type A_1. J. Neyman [2]

---

[1] Séance du 30 septembre 1946.

[2] *Statistical Research Memoirs*, **1**, 1936, pp. 1-37; **2**, 1938, pp. 25-37.

a prouvé l'existence de tels ensembles critiques sous des conditions qui impliquent

$$p\left(\frac{E}{\theta}\right) = e^{P(\theta)+T(E)Q(\theta)+R(E)}, \tag{2}$$

où Q est une fonction croissante et $Q'(\theta_0) \neq 0$. L'ensemble critique du type A_1 est donc donné par

$$T(E) \leqq c_1, \qquad T(E) \geqq c_2. \tag{3}$$

Celui-ci étant bien placé et la probabilité de l'erreur de première catégorie étant donnée, c_1 et c_2 sont déterminés.

Mais un ensemble peut être bien placé sans être puissant. On peut donc concevoir qu'un ensemble, n'étant pas bien placé, puisse être plus puissant que l'ensemble du type A_1, sauf dans un petit intervalle dont θ_0 est une des extrémités. L'objet de cette Note est de démontrer que ce n'est pas le cas pour la classe des lois de probabilité (2).

Ci-dessous nous désignerons la puissance de l'ensemble w par $\beta_w(\theta)$ et nous ne considérerons que des ensembles pour lesquels

$$\int_w p(E/\theta_0)\, dE = \varepsilon, \tag{4}$$

ε étant donné.

Théorème. — *Si w_0 est l'ensemble* (3) *du type* A_1, *si w est un ensemble quelconque satisfaisant à* (4) *et si $\theta_1 < \theta_0 < \theta_2$, alors*

$$\beta_w(\theta_1) > \beta_{w_0}(\theta_1) \quad \text{implique} \quad \beta_w(\theta_2) < \beta_{w_0}(\theta_2), \tag{5a}$$

$$\beta_w(\theta_2) > \beta_{w_0}(\theta_2) \quad \text{»} \quad \beta_w(\theta_1) < \beta_{w_0}(\theta_1). \tag{5b}$$

Si l'on avait un w pour lequel (5a) ou (5b) étaient incorrects, l'inégalité

$$\alpha\beta_w(\theta_1) + (1-\alpha)\beta_w(\theta_2) > \alpha\beta_{w_0}(\theta_1) + (1-\alpha)\beta_{w_0}(\theta_2) \tag{6}$$

subsisterait pour ce w et pour α, si $0 < \alpha < 1$.

Considérons l'ensemble $w(\alpha)$ pour lequel

$$\alpha\beta_{w(\alpha)}(\theta_1) + (1-\alpha)\beta_{w(\alpha)}(\theta_2) \tag{7}$$

est un maximum. On peut démontrer qu'il existe une valeur de α pour laquelle $\beta_{w(\alpha)}(\theta) \equiv \beta_{w_0}(\theta)$. Cette contradiction de (6) prouve le théorème.

Pour déterminer $w(\alpha)$, nous utilisons le lemme fondamental de J. Neyman et E. S. Pearson qui détermine des conditions suffisantes pour qu'un ensemble, sujet à certaines restrictions intégrales, rende une intégrale maximum. Suivant ce lemme $w(\alpha)$ est donné par

$$F_\alpha(T) = \frac{\alpha p(E/\theta_1) + (1-\alpha)p(E/\theta_2)}{p(E/\theta_0)} \geqq C, \tag{8}$$

et, $d^2F_\alpha(T)/dT^2$ étant positif, par

$$T \leqq K_1(\alpha), \qquad T \geqq K_2(\alpha), \tag{9}$$

où

(10) $$F_\alpha(K_1) = F_\alpha(K_2).$$

S'il existe un ensemble de la forme (9) satisfaisant (4) et (10), c'est donc nécessairement $u(\alpha)$. Mais comme l'ensemble (3) est sous la forme (9) et satisfait (4), (3) coïncidera avec $u(\alpha)$ quand α est compris entre o et 1, et remplit

(11) $$F_\alpha(e_1) = F_\alpha(e_2).$$

En utilisant (8) et (2) on vérifie aisément qu'une telle valeur de α existe et qu'elle est unique.

GÉOMÉTRIE — *Invariants géodésiques d'une courbe minima tracée sur une surface.* Note [1] de M. V. **Lalan**, présentée par M. Élie Cartan.

A une courbe minima (L_1) tracée sur une surface, on peut attacher un trièdre cyclique distinct de son trièdre cyclique intrinsèqne : le premier vecteur $\vec{e_1}$ est tangent à la ligne et se confond avec le premier vecteur du trièdre cyclique intrinsèque: le second, $\vec{e_2}$, est le vecteur unitaire normal à la surface; le troisième, $\vec{e_3}$, complète le trièdre cyclique direct : il est donc tangent à l'autre ligne minima de la surface qui passe en M, et vérifie $(e_1, e_2, e_3) = i$.

Si l'on désigne par $M\,J_1J_2J_3$ le trièdre cyclique intrinsèque de (L_1), le nouveau trièdre s'exprime par des formules

$$e_1 = J_1, \qquad e_2 = J_2 - pJ_1, \qquad e_3 = J_3 + pJ_2 - \frac{p^2}{2}J_1.$$

On passe d'un trièdre cyclique à l'autre par une rotation parabolique, déplacement au cours duquel le seul vecteur isotrope J_1 reste inchangé, pendant que le plan isotrope contenant J_1 glisse sur lui-même. L'invariant p mesure l'amplitude de cette rotation. Si les deux formes fondamentales de la surface sont écrites

$$ds^2 = 2\,F\,du\,dv, \qquad \Phi = L\,du^2 + 2\,M\,du\,dv + N\,dv^2,$$

on prouve que p a pour expression

$$\frac{1}{\sqrt{L}}\frac{\partial}{\partial u}\log\left(\frac{F}{\sqrt{L}}\right).$$

En désignant par $k(\sigma)$ l'invariant de (L_1), on a aussi la relation

$$k(\sigma) = \frac{dp}{d\sigma} + \frac{p^2}{2} - H \qquad \text{(H, courbure moyenne)}.$$

L'invariant p joue de ce point de vue, pour une courbe minima, le même rôle

[1] Séance du 7 octobre 1946.

que, pour une courbe ordinaire, l'angle ϖ de la normale à la surface avec la normale principale à la courbe; il situe le trièdre géodésique de la courbe par rapport à son trièdre intrinsèque.

Cet invariant se présente encore lorsqu'on étudie le déplacement infinitésimal du trièdre géodésique de (L_1) le long de (L_1), qui est donné par les formules [σ désigne le pseudo-arc de (L_1)]

$$\frac{dM}{d\sigma} = e_1, \qquad \frac{de_1}{d\sigma} = pe_1 + e_2, \qquad \frac{de_2}{d\sigma} = -He_1 - e_3, \qquad \frac{de_3}{d\sigma} = He_2 - pe_3.$$

C'est l'analogue des formules de Darboux-Ribaucour concernant une courbe ordinaire. Si la surface est minima, $H = 0$, le vecteur e_3 conserve une direction fixe le long de (L_1). Cela traduit le fait que les surfaces minima sont des surfaces de translation. Les directions minima dans ce cas sont conjuguées : Me_3 engendre le cylindre isotrope circonscrit le long de (L_1).

Revenons au cas général. En comparant nos formules à celles de Darboux-Ribaucour, on se trouve conduit à assimiler le coefficient p à la courbure géodésique, et H à la torsion géodésique. En effet, si l'on décompose le vecteur rotation du trièdre géodésique suivant les axes de ce trièdre ($i\sigma$ étant le temps), on trouve que p est la composante du vecteur rotation sur la normale à la surface, et H la composante suivant la tangente à la courbe. On pourrait donc appeler p la *pseudo-courbure géodésique* et H la *pseudo-torsion géodésique* de (L_1), et l'on obtiendrait la proposition suivante (apparentée manifestement au théorème d'Enneper) : *la pseudo-torsion géodésique d'une ligne minima est égale à la courbure moyenne de la surface.*

Si l'on déplace le trièdre géodésique de (L_1) dans la direction de l'autre ligne minima (L_2), et si l'on appelle $-i\tau$ le pseudo-arc de (L_2), on trouve

$$\frac{dM}{d\tau} = e_3, \qquad \frac{de_1}{d\tau} = re_1 + \frac{H}{A}e_2, \qquad \frac{de_2}{d\tau} = -Ae_1 - \frac{H}{A}e_3, \qquad \frac{de_3}{d\tau} = Ae_2 - re_3$$

où A désigne la demi-différence des courbures principales; l'invariant r s'exprime par $-(1/\sqrt{N})[\partial(\log\sqrt{L})/\partial v]$. Il représente la composante sur la normale à la surface du vecteur rotation du trièdre géodésique $Me_1e_2e_3$ quand on le déplace dans la direction de (L_2). Il est nul si la surface est à courbure moyenne constante; dans ce cas, l'axe du mouvement hélicoïdal instantané est parallèle au plan tangent et rencontre la normale au point $M + (1/2H)\vec{e_2}$. Si la surface est minima ($r = 0$, $H = 0$), le vecteur rotation est porté par e_1; il n'y a pas d'axe de mouvement hélicoïdal instantané.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étalonnage d'une nouvelle plaque photographique pour la mesure des parcours des rayons α.* Note [1] de MM. **Tsien San-Tsiang, Raymond Chastel, Mme Henriette Faraggi** et M. **Léopold Vigneron**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'utilisation de l'émulsion photographique pour l'étude des parcours de particules ionisantes a déjà fait l'objet de nombreux travaux [2]. Nous avons employé les plaques *Half-Tone Concentrated*, spécialement riches en argent préparées par Ilford Ltd.

Les mesures se font en employant un microscope à double oculaire ou un microscope à projection. Pour chaque parcours, nous avons fait une statistique d'au moins 800 mesures.

Nous avons utilisé divers rayonnements α naturels et les α produits dans la réaction ${}^{10}_{5}B + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{7}_{3}Li + {}^{4}_{2}He$ (due aux neutrons lents). Dans ce dernier cas, la précision des mesures est plus faible à cause de la présence des rayons de recul du lithium dont la statistique recouvre partiellement celle des α émis et, de plus, les trajectoires de ces α étant très courtes, il est difficile de sélectionner celles qui sont horizontales.

En examinant les plaques par projection, nous avons fait la statistique du nombre de grains visibles par trajectoire dans le cas des α de Po : le nombre le plus probable est de 42 grains par trajectoire (au lieu d'une vingtaine pour les meilleures plaques des types anciens). On en déduit le rayon le plus probable des grains de Br Ag dans la plaque concentrée $0^{\mu},18$ [3].

Nous avons étalonné les plaques par deux méthodes :

1° *Méthode d'imprégnation.* — On immerge la plaque dans une solution étendue d'un sel du corps radioactif α; on la sèche; on développe après un certain temps : des trajectoires d'orientations diverses ont été produites dans l'émulsion. On mesure *uniquement celles dont une portion suffisante est au point* : vu la profondeur de champ du microscope, cela revient à sélectionner celles dont l'inclinaison est inférieure à 5°.

N. B. — Il est nécessaire qu'un faible pourcentage des α aient été émis pendant l'imprégnation ou le développement : la plaque est alors humide, l'eau absorbée diminue le pouvoir d'arrêt. Pour le polonium, la longueur moyenne des trajectoires est $21^{\mu},4$ dans une plaque sèche, mais, si l'on maintient la plaque humide en la laissant très longtemps dans le bain d'imprégnation et en la développant de suite après, le parcours est 29^{μ}.

Les courbes statistiques obtenues par la méthode d'imprégnation sont *symétriques et voisines du type de Gauss.*

(1) Séance du 29 juillet 1946.

(2) C. F. Powel, *Proc. Roy. Soc.*, **181**, 1943, p. 344; A. Jdanov, *C. R. U. R. S. S.*, **20**, 1938, p. 641.

(3) Tsien San-Tsiang et P. Cuer, *Cahiers de Phys.*, **14**, 1943, p. 61.

Nous avons constaté qu'en remplaçant l'eau comme solvant des sels par l'alcool ou l'acétone indiqués par M. Bouissières, la gélatine ne gonfle pas et elle sèche en deux minutes au lieu d'une heure. On peut aussi imprégner à l'eau et faire suivre d'un séchage à l'alcool ou à l'acétone.

2° *Emploi d'une source extérieure.* — Les rayons α, canalisés par une fente, pénètrent dans la plaque sous incidence rasante; l'ensemble est dans le vide. Les trajectoires apparaissent donc parallèles et toutes simultanément au point, ce qui facilite les mesures. Par contre, par suite de la riche teneur en argent de l'émulsion, les plaques sont sensibles au voile superficiel par abrasion, ce qui peut rendre délicate la détermination du premier grain de la trajectoire.

Les courbes statistiques obtenues sont un peu dissymétriques : il y a excès de rayons courts dû à la pénétration des atomes radioactifs dans le support de la source et aussi, pour une faible part, à l'effet des bords du canaliseur. Le maximum de la courbe (parcours le plus probable) est toutefois le même que si l'on utilise l'imprégnation.

Résultats :

	ThC'.	ThC.	Po.	UII.	UI.	B + n.
Énergie (MeV)	8,7759±0,0009	6,0537±0,0007	5,2984±0,0021	4,71	4,15	**(1,55±0,05)**
Parcours moyen dans l'air (cm)	8,570±0,007	4,730±0,008	3,842±0,0060	3,211±0,007	2,653±0,007	**(0,76±0,03)**
Parcours moyen dans l'émulsion (μ)	46,1±0,2	26,2±0,2	21,4±0,2	18,8±0,2	15,6±0,2	**(4,0±0,3)**
Équivalent en mm d'air de 1μ d'émulsion	1,86	1,81	1,79	1,71	1,70	**(1,9)**
Demi-largeur de la raie (μ)	3,2	2,1	1,7	1,6	1,6	–
Unité d'écart (μ)	1,95	1,28	1,04	0,97	0,97	–
$\rho = \frac{\text{unité écart}}{\text{parcours}}$	$4,2.10^{-2}$	$4,9.10^{-2}$	$4,9.10^{-2}$	$5,2.10^{-2}$	$6,2.10^{-2}$	–

N. B. — Les données des deux premières lignes de ce tableau sont extraites de travaux antérieurs ([4]), ([5]), ([6]).

En conclusion, la précision obtenue sur les parcours moyens est de l'ordre de 1 %, le coefficient ρ de fluctuation est seulement *trois fois plus grand que celui des parcours mesurés à la chambre Wilson* ([7]), mais le procédé est bien plus rapide puisqu'on peut enregistrer jusqu'à 10^5 trajectoires par centimètre carré d'émulsion.

Le pouvoir de résolution est de l'ordre de 3^{mm} d'air (environ 300 keV) : ceci a été confirmé par les observations non publiées de l'un de nous sur la

(4) Livingston et Holloway, *Phys. Rev.*, **54**, 1938, p. 18.
(5) R. J. Walen, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1500.
(6) Bower, Bretscher et Gilbert, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, **34**, 1938, p. 290.
(7) I. Curie, *Ann. de Phys.*, 3, 1925, p. 328.

structure fine des α du protactinium; les deux groupes séparés de 3mm dans l'air, d'après des mesures faites à la chambre d'ionisation différentielle ([8]), ont été observés séparés dans ces plaques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Classification des bandes électroniques de l'acétate d'uranyle à partir des fréquences infrarouges et Raman.* Note ([1]) de Mme **Marie Freymann**, Mme **Thérèse Guilmart** et M. **René Freymann**, présentée par M. Aimé Cotton.

Utilisant des données antérieures ([2]), nous développons (tableau II) une classification des bandes électroniques de l'acétate d'uranyle hydraté. Elle adopte les niveaux proposés dans le tableau I [sauts $(1.v'') \rightarrow (0.v')$ fluores-

Tableau I. — Niveaux.

	État excité $(1.v'')$.			
↑	↑	↑		↑
etc.	etc.	etc.		
↑	↑	↑		
(1.2)	720×2	22196		
(1.1)	720	21476	Émission	Absorption
(1.0)	0	20756	fluoresc.	
	État normal $(0.v')$.			
↑	↑	↑		
etc.	etc.	etc.		
↑	↑	↑	(spectre	(spectre
(0.3)	860×3	**2580**	visible)	visible)
↑	↑	↑		
etc.	etc.	etc.		
↑	↑	↑		
(0.0)+930+930	930+930	1860		
(0.1)+930	860+930	1790		
(0.2)+30	860×2+30	1750		
(0.2)	860×2	**1720**		
(0.0)+930+210+210	930+210+210	1350 (?)		
(0.1)+210+210	860+210+210	1280 (?)		
(0.0)+930+210	930+210	1140	Fréquences infrarouges	
(0.1)+210	860+210	1070	et Raman	
(0.0)+930	930	930	(fondamentales,	
(0.1)+30	860+30	890	harmoniques	
(0.1)	860	**860**	et combinaisons)	
(0.0)+210	210	210		
(0.0)+30	30	30		
(0.0)	0	**0**		

([8]) Tsien San-Tsiang, H. Bachelet et G. Bouissières, *Phys. Rev.*, **69**, 1946, p. 39.

([1]) Séance du 30 septembre 1946.

([2]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 543.

Tableau II. — Classification.

Émission (mesures Nichols-Howes).

16 239....	(11) → (05) + 930
16 305....	(11) → (06)
17 066 ; 17 098 ..	(11) → (04) + 930
17 168....	(11) → (05)
17 705....	(11) → (03) + 930 + 210
17 761....	
17 912 ; 17 936 ..	(11) → (03) + 930
18 019....	(11) → (04)
18 088....	
18 169....	(10) → (03)
18 270....	
18 376....	(11) → (02) + 930 + 210 + 210
18 464....	(11) → (03) + 210 + 210
18 570....	(11) → (02) + 930 + 210
18 633 ; 18 667 ..	(11) → (03) + 210
18 721....	(11) → (01) + 930 + 930 ou (12) → (04)
18 765 ; 18 789 ..	(11) → (02) + 930
18 850 ; **18 867** ; 18 907 ..	(11) → (03)
19 019....	(10) → (02)
19 117....	
19 357....	(11) → (02) + 210 + 210
19 423....	(11) → (01) + 930 + 210
19 492 ; 19 525 ..	(11) → (02) + 210
19 580....	(11) → (00) + 930 + 930 ou (12) → (03)
19 623 ; 19 646 ..	(11) → (01) + 930
19 704 ; **19 735** ; 19 767 ..	(11) → (02)
19 891....	(10) → (01)
19 982....	
20 153....	(11) → (01) + 210 + 210
20 285....	(11) → (00) + 930 + 210
20 355 ; 20 392 ..	(11) → (01) + 210
20 441....	(12) → (02)
20 563 ; **20 588** ; 20 627 ..	(11) → (01)
20 732....	(10) → (00)

Absorption (mesures des auteurs).

20 593 ; 20 624 ..	(11) ← (01)
20 756....	(10) ← (00)
20 824....	(12) ← (00) + 930 + 210 + 210
20 903....	(12) ← (01) + 210 + 210
21 032....	(12) ← (00) + 930 + 210
21 250....	(12) ← (00) + 930
21 300 ; **21 329** ; 21 365 ..	(12) ← (01)
21 493....	(11) ← (00)
21 584....	(13) ← (00) + 930 + 210 + 210
21 615....	
21 657....	(13) ← (01) + 210 + 210
(21 744)...	(13) ← (00) + 930 + 210
21 826....	(13) ← (01) + 210
21 944 ; 21 975 ..	(13) ← (00) + 930
22 026 ; **22 060** ..	(13) ← (01)
22 207....	(12) ← (00)
22 304....	(14) ← (00) + 930 + 210 + 210
22 444....	
(22 505)...	(14) ← (00) + 930 + 210
22 587....	(14) ← (01) + 210
22 666 ; 22 702 ..	(14) ← (00) + 930
22 756 ; **22 791** ..	(14) ← (01)
22 944....	(13) ← (00)
23 041....	
23 150....	(16) ← (02) + 210
23 362....	(16) ← (02)
23 521....	(15) ← (01)
23 596....	(17) ← (01) + 930 + 210 + 210
23 649....	(14) ← (00)
23 872....	(17) ← (02) + 210
24 091....	(17) ← (02)
24 588....	(18) ← (02) + 210
24 795....	(18) ← (02)

Nous n'avons pas distingué dans ces tableaux les niveaux distants de 30 cm^{-1} (indiqués par une accolade). Mais on notera que le niveau (00) correspondant à la fluorescence est supérieur d'environ 30 cm^{-1} au niveau (00) correspondant à l'absorption.

Exemple :

(10) → (00) = 20 732 et (10) ← (00) = 20 756.

cence et $(0.v') \rightarrow (1.v'')$ absorption]. Pour l'état excité $(1.v'')$, les niveaux sont distants de 720 cm^{-1}. Pour l'état normal $(0.v')$, les niveaux correspondent aux fréquences 210, 860, 930 cm^{-1}, à leurs harmoniques et combinaisons; nous leur adjoignons *une fréquence voisine de* 30 cm^{-1}, *qui n'a pas encore été observée directement, mais que font prévoir les données du spectre visible.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'eau adsorbée sur la vitesse de réaction entre l'oxyde de fer (III) et l'oxyde de nickel.* Note de MM. **Hubert Forestier** et **Noël Perbet**, présentée par M. Paul Lebeau.

Au cours d'une étude sur l'influence des gaz adsorbés sur les réactions entre solides, nous avons remarqué des variations de vitesse de réaction relativement grandes et inattendues lors de la répétition d'une même expérience; l'étude systématique de ces anomalies nous a conduits à mettre en évidence l'importance considérable de la vapeur d'eau ou de l'eau adsorbée sur la vitesse de réaction entre l'oxyde de fer trivalent et l'oxyde de nickel. Ces résultats sont en liaison avec ceux antérieurement obtenus par l'un de nous, en collaboration avec Mlle J. Longuet (1), résultats qui avaient montré la possibilité d'une réaction relativement rapide entre différents oxydes dans l'eau bouillante et dans un courant de vapeur d'eau à 160°.

Ces deux oxydes ont été choisis parce qu'ils permettent l'utilisation de la méthode d'analyse magnétique, extrêmement sensible, lors de la formation du ferrite de nickel ferromagnétique (2)



$$Fe_2O_3 + NiO = Fe_2O_3NiO.$$

Les expériences ont porté sur des mélanges obtenus par trois méthodes différentes :

1° Précipitation simultanée, suivie d'une dessiccation à 100°, dans un vide correspondant à 1/100 de millimètre de Hg (produit A).

2° Précipitation séparée des deux oxydes, suivie d'une dessiccation dans les mêmes conditions que ci-dessus, puis mélange intime par passage dans un broyeur à billes pendant 30 heures (produit B).

3° Précipitation séparée des deux oxydes, suivie d'un recuit à 750°, puis mélange intime par passage dans un broyeur à billes pendant 30 heures (produit C).

Ces trois types de produits ont été recuits à 415° pendant 15 minutes, soit à l'air, après différents traitements, soit en présence de vapeur d'eau, soit dans

---

(1) H. Forestier et J. Longuet, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1729; Longuet, *Thèse*, Strasbourg, 1943.

(2) H. Forestier et J. Longuet, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 562; Longuet, *Thèse*, Strasbourg, 1943.

un vide correspondant à 1/100 de millimètre de Hg (pour le produit A). La vitesse de réaction est évaluée en mesurant le rapport entre l'aimantation du produit avant et après l'expérience (A aimantation avant, A' aimantation après recuit).

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

	Traitement.	$\frac{A'}{A}$.
Produit A.	I. Recuit à 415°, à l'air	25
	II. Recuit à 415°, en présence de vapeur d'eau	52
	III. Recuit à 415°, dans le vide	12
	VI. Recuit à 415° dans le vide, puis exposé à l'air 2 heures à la température ambiante et recuit une seconde fois à 415°, à l'air (le même produit recuit 30 min. sous vide aurait donné : $A'/A = 12,5$)	25
	V. Recuit à 415° dans le vide, puis exposé pendant 4 heures à la température ambiante dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau et recuit une seconde fois à 415°, à l'air	33,3
	VI. Recuit à 415° dans le vide, puis recuit une seconde fois à 415°, en présence de vapeur d'eau (Traitement III + Traitement II)	34,3
Produit B.	I. Recuit à 415°, à l'air	1,4
	II. Recuit à 415°, en présence de vapeur d'eau	50
Produit C.	I. Recuit à 415°, à l'air	1
	II. Recuit à 415°, en présence de vapeur d'eau	8,3

Ces résultats mettent en évidence les faits suivants :

1° Pour les produits obtenus par précipitation simultanée (A), donc réalisant les contacts les plus intimes entre les deux oxydes, la vitesse de réaction est minimum pour le produit recuit dans le vide, maximum pour le produit recuit en présence de vapeur d'eau; entre les deux, s'échelonnent une série de résultats qui montrent que :

a. la vitesse de réaction croît dans le même sens que la teneur en eau absorbée du produit;

b. l'eau, absorbée par ces poudres fines et encore retenue à l'état de traces à 415°, paraît avoir une importance notable sur la vitesse de réaction. (Expériences A I, A III, A IV, A V.)

2° Pour les produits précipités séparément, puis mélangés mécaniquement (B), la vitesse de réaction, presque nulle pour le produit recuit à l'air, atteint sensiblement la même valeur que pour le produit A, en présence de vapeur d'eau.

3° Pour les produits précipités séparément, recuits à 750°, puis mélangés mécaniquement (C), la vitesse de réaction, nulle pour le produit recuit à l'air, atteint une valeur notable en présence de vapeur d'eau, malgré une structure cristalline des deux oxydes déjà bien organisée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la réalisation d'un courant d'hydrogène, de débit connu à basse pression.* Note de M. **Jean-Michel Dunoyer**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Presque tous les auteurs qui ont étudié l'hydrogène atomique ont utilisé comme procédé de dissociation des molécules, la décharge électrique dans les conditions qu'a indiquées Wood (1). Presque tous maintenaient la vitesse de pompage constante et faisaient varier le débit gazeux. La pression est dans ces conditions fonction du débit.

Poole (2) s'est préoccupé de faire varier le débit en maintenant la pression constante. Dans ce but, il dispose, entre le tube à décharge et la pompe, un pointeau au moyen duquel il peut créer une légère rentrée d'air de façon à modifier la vitesse de pompage réelle dans la canalisation.

Dans la présente Note nous décrivons un dispositif qui nous paraît d'un maniement beaucoup moins délicat et ne fait pas intervenir de manomètre à liquide, source constante d'incidents.

L'appareil que nous utilisons comprend :

1° *Source d'hydrogène.* — La source d'hydrogène est un tube de palladium de $2^{mm},5$ de diamètre et de 7^{cm} de longueur soudé sur la canalisation et chauffé par une spirale de nickel-chrome, le tout plongé dans une atmosphère d'hydrogène ou de gaz d'éclairage. Le courant traversant la spirale est mesuré avec précision. La variation du courant de chauffage permet de modifier le débit de l'hydrogène dans la canalisation.

2° *Mesure de la pression.* — Une jauge de Mc Leod ayant un domaine d'utilisation compris entre 3 et 10^{-3}mm mesure la pression.

3° *Réglage de la vitesse de pompage.* — Entre la pompe et le reste de la canalisation, nous soudons une sorte de lyre comportant 4 tubes de diamètres différents (3). Chacun de ces tubes porte, à l'une de ses extrémités, un robinet, de sorte que l'on peut faire communiquer la pompe et le reste de l'enceinte par l'un ou l'autre de ces tubes. La vitesse réelle de pompage dans la canalisation dépendra du débit propre du tube de la lyre qui sera ouvert.

Étalonnage de l'appareil. — Nous définirons le débit comme étant la masse de gaz qui traverse par seconde une section droite de la canalisation.

Pour étalonner l'appareil, nous introduisons, d'abord sans pomper, de l'hydrogène au moyen de l'osmorégulateur, nous laissons celui-ci se refroidir et nous ouvrons l'un des tubes de la lyre pendant un intervalle de temps assez court pour que l'on puisse considérer le débit comme constant pendant cet

(1) *Phil. Mag.*, **42**, 1921, p. 729.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, A, **163**, 1937, p. 404.

(3) Urey et Lavin (*J. Am. Chem. Soc.*, **51**, 1929, p. 3286) ont utilisé un dispositif de lyre analogue à celui que nous avons décrit.

intervalle. Après chacune de ces opérations nous mesurons la pression et formons le quotient dp/dt. Ceci nous permet de calculer le débit D, qui, d'après la définition précédente, en appelant M la masse moléculaire, V le volume de la canalisation à vider, R la constante des gaz parfaits, et T la température absolue, est donné par la relation

$$D = -\frac{MV}{RT}\frac{dp}{dt}.$$

On peut alors tracer les courbes représentant la fonction $D = f(p)$, correspondant à l'ouverture de chacun des tubes de la lyre.

Pour terminer l'étalonnage, nous pompons en chauffant simultanément l'osmorégulateur et nous mesurons pour chaque courant de chauffage la pression d'équilibre qui s'établit; nous traçons ainsi les courbes $p = \varphi(i)$ (i, intensité du courant).

Nous utilisons pratiquement ces courbes de la manière suivante : supposons que nous nous fixions la pression que nous voulons obtenir dans l'appareil. Les courbes $D = f(p)$ donnent les débits que nous pouvons obtenir et les courbes $p = \varphi(i)$ les courants qui doivent passer dans la spirale chauffante.

Inversement, soit un débit donné à obtenir. Les courbes $D = f(p)$ fixent les pressions d'équilibre que l'on obtiendra, les courbes $p = \varphi(i)$ le courant de chauffage nécessaire.

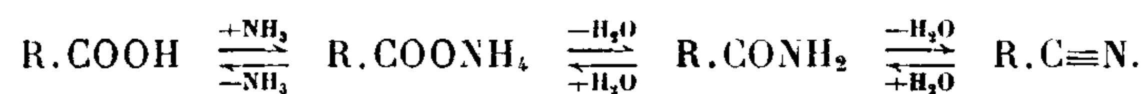
Pour ces expériences le tube de palladium était plongé dans du gaz d'éclairage. Le débit est alors petit, on peut l'accroître en substituant de l'hydrogène au gaz d'éclairage. Il faut modifier l'étalonnage en refaisant les courbes représentant $p = \varphi(i)$.

En résumé, nous avons décrit un dispositif commode permettant d'établir, dans une canalisation, un débit d'hydrogène connu sous des pressions quelconques inférieures à 2^{mm} de Hg.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode de préparation simple des nitriles et amines aliphatiques à longue chaîne.* Note de MM. **Georges Reutenauer** et **Charles Paquot**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les nitriles et les amines aliphatiques à longue chaîne sont des composés fort bien connus, et les procédés de préparation, tant au laboratoire que dans l'industrie, en sont nombreux et variés. Il serait fastidieux de les énumérer tous. A l'échelle du laboratoire il est, par contre, en général assez difficile d'obtenir ces corps avec un rendement élevé et des techniques simples. C'est ce problème que nous avons résolu.

Préparation des nitriles. — La préparation des nitriles se fait par action de l'ammoniac sur les acides gras suivie de déshydratation.



$$R.COOH \underset{-NH_3}{\overset{+NH_3}{\rightleftharpoons}} R.COONH_4 \underset{+H_2O}{\overset{-H_2O}{\rightleftharpoons}} R.CONH_2 \underset{+H_2O}{\overset{-H_2O}{\rightleftharpoons}} R.C{\equiv}N.$$

Ralston [1], ayant constaté que l'amide stéarique était instable au-dessus de 300°, a mis au point un appareil permettant de préparer le nitrile directement par passage d'un courant d'ammoniac dans l'acide stéarique chauffé à 330°, ce courant d'ammoniac entraînant l'eau formée hors du milieu réactionnel. Nous avons repris l'idée de Ralston en simplifiant son appareil.

a. Nitriles stéarique et palmitique. — Dans un ballon de 500^{cm^3} rempli de 250^g d'acide gras, on fait barboter un courant de gaz ammoniac sec (provenant d'une bouteille à ammoniac liquide). Ce ballon est surmonté d'un tube vertical, d'environ 80^{cm} de long et $1^{cm},5$ de diamètre, comportant en son milieu un empilement de billes de verre sur une longueur d'environ 20^{cm}. Ces billes de verre sont chauffées extérieurement par deux petits brûleurs à gaz, de façon telle que les produits entraînés par le courant d'ammoniac barbotant dans le ballon soient liquéfiés et refluent sans obstruer le tube. Après passage dans cet appareil, le courant d'ammoniac traverse des laveurs à eau, puis à acide chlorhydrique.

Pour éviter que la réaction soit tumultueuse à son début, il est nécessaire d'avoir un courant d'ammoniac assez lent et de n'augmenter que progressivement la température. La température optimum est de 340-345°. L'opération terminée, on dissout le contenu du ballon dans l'éther, lave à la soude pour éliminer l'acide non touché, puis à l'eau, et distille le nitrile sous vide. Le rendement atteint 90 % pour une opération durant dix heures, alors qu'il est de 50 % après deux heures et de 82 % après sept heures.

b. Nitrile laurique. — Le point d'ébullition plus bas de l'acide laurique oblige à opérer un peu différemment : le ballon à réaction est ici surmonté d'un réfrigérant dans lequel on fait circuler un très lent courant d'eau destiné à condenser les produits organiques entraînés, tout en laissant s'échapper l'eau formée. Il y a lieu, en outre, d'ajouter à l'acide laurique un déshydratant (chlorure de zinc ou acide phosphorique), l'action de la température seule, plus basse que précédemment, ne suffisant plus. A une température de 250-280° le rendement en nitrile pur n'atteint plus que 70 %, le reste étant de l'acide non transformé.

Préparation des amines primaires. — Parmi les nombreux procédés de préparation des amines primaires, l'hydrogénation des nitriles est celui que nous avons étudié en détail. Le procédé le meilleur et le plus simple est le suivant :

Le nitrile est mis en solution dans un alcool, l'alcool méthylique de préférence, saturé de gaz ammoniac et hydrogéné catalytiquement en présence de nickel Raney. Il y a lieu de prendre un catalyseur très actif obtenu en broyant finement et en tamisant l'alliage Raney avant son attaque sodique et d'en employer une forte quantité (5 à 10 %). L'hydrogénation a ainsi lieu dès la température ordinaire. Mais à 50-55° elle est totale en moins de trois heures.

---

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, 59, 1937, p. 986.

Le rendement en amine primaire est de l'ordre de 95 % quel que soit le nitrile hydrogéné. Ce résultat est à rapprocher de ceux constatés dans l'hydrogénation de cyanure de benzyle par Paty ([2]) et par Fluchaire et Chambret ([3]), qui obtinrent d'excellents rendements en amine primaire à condition d'opérer avec une forte proportion de nickel Raney et de préférence en solution alcoolique alcaline.

Préparation des amines secondaires. — La réduction des nitriles peut, dans certaines conditions, conduire aux amines secondaires, au lieu des amines primaires, par suite d'une réaction secondaire de l'aldimine intermédiairement formée. Le meilleur procédé d'hydrogénation est celui récemment mis au point par Anglaret ([4]) et consiste à hydrogéner par le sodium et l'alcool butylique en présence de plusieurs fois son poids de chlorure d'ammonium, ce qui est une modification de la méthode de Bouveault et Blanc. On obtient ainsi environ 70 % d'amine secondaire, à côté de 20 % d'amine primaire.

Un Mémoire détaillé paraîtra dans une autre Revue.

PÉTROGRAPHIE. — *L'évolution des roches dans le Massif du Tichka (Haut-Atlas marocain).* Note ([1]) de M. **Henri Termier** et Mme **Geneviève Termier**, présentée par M. Albert Michel-Lévy.

Ce Massif ([2]) fournit, à notre avis, de magnifiques exemples d'évolution pétrogénétique par des voies différentes.

1° Il faut d'abord distinguer les séries à *structure conservée*, où l'on observe les bancs et parfois même les couches élémentaires de la stratification originelle. Leur évolution peut être très poussée et avoir complètement transformé le matériel primitif sans que celui-ci ait subi un appréciable changement de volume : ainsi, au Tizi n'Felmint, se remarque un faciès hétérogène constitué par des lits alternants très minces (1 à 2^{mm}) de micaschistes, d'amphibolites et de cornéennes à pyroxène et grenats. Un tel faciès indique qu'il n'y a eu ni fusion ni même brassage et que la sphère de diffusion de chaque élément minéral est demeurée très petite. L'examen sur le terrain montre qu'une évolution de cette catégorie a lieu en plusieurs temps, par saccades et reprises successives. Elle n'aboutit pas à des équilibres chimiques et à des roches homogènes; dès lors, il faut s'attendre à ce que la composition des roches résultantes varie dans de grandes proportions.

([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 1276; 7, 1940, p. 1155; **9**, 1942, p. 745; **12**, 1945, p. 865.

([3]) *Bull. Soc. Chim.*, **11**, 1944, p. 22.

([4]) *Communication au XIXe Congrès de Chimie industrielle*, 26 septembre 1946.

([1]) Séance du 7 octobre 1946.

([2]) H. et G. Termier, *C. R. Som. S. G. F.*, 1945, pp. 35-36, 45-46, 65-66, 81-82 *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 91.

Les facteurs de cette évolution sont pour nous multiples et, devant les hypothèses, exclusives les unes des autres, proposées par nombre d'auteurs, nous inclinons vers un assez large éclectisme.

Les *réactions in situ* ont joué un rôle certain, et si nous entrions dans le détail, nous pourrions en citer beaucoup d'exemples, entre autres l'apparition des feldspaths avant-coureurs du granite, bien connus en Bretagne et en Scandinavie.

Cependant, l'importance de la *pneumatolyse* nous semble avoir été plus grande encore. En effet, dans les roches encaissant un réservoir magmatique, tout joint, comme toute fissure, est une occasion de passage pour les gaz à haute température, passage entraînant corrosion et néogénèse. Nous avons maintes fois observé des filonnets d'amphibole, coupant des roches éruptives ou métamorphiques, qui nous paraissent avoir une origine pneumatolytique. D'autre part, il est maintenant bien établi que les gaz à haute pression et à haute température traversent à peu près toutes les roches; ne leur sont étanches que les réseaux cristallins de certains minéraux. De récentes expériences ([3]) ont montré que l'imbibition par les gaz se produit dans les roches vitreuses (tectite, liparite), dans les argiles et les roches nées en milieux colloïdaux. Des cristaux de quartz naissent ainsi en plein verre après avoir passé par un stade sphérolitique. Parmi les gaz, la vapeur d'eau supercritique joue probablement le rôle fondamental, son pouvoir dissolvant étant considérable (réaction et pénétration), ainsi que l'ont établi plusieurs auteurs contemporains.

Aussi, pour la plupart des cas examinés, nous proposons le terme de *réactions topochimiques*, c'est-à-dire de réactions n'ayant pas modifié la structure des roches envisagées.

II. A la série précédente s'oppose la série des roches qui témoignent d'une *homogénéisation* croissante, et dont les termes ultimes sont des plutonites : granite, granodiorite, monzonite, diorite et gabbro, dont la composition chimique est directement fonction de celle du matériel primitif. Cette homogénéisation est manifeste sur le terrain où les bancs de micaschistes et de cornéennes donnent l'impression de *se dissoudre* dans la masse des granites à enclaves et des granodiorites, tandis que les strates reconnaissables de calcaire métamorphique vont en s'épointant et en *se diluant* dans le diorite.

L'homogénéisation étant indiscutable, quelle peut être sa cause? Ici, nous entrons dans le domaine des suppositions, mais il est bien difficile de ne pas envisager l'hypothèse de la fusion, parce que le processus d'uniformisation qui vient tout de suite à l'esprit est la convection. Le phénomène se produirait sous l'influence de facteurs chimiques tels que l'arrivée de minéralisateurs et

([3]) ALBERT MICHEL-LÉVY et JEAN WYART, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 89.

de facteurs physiques. En effet, on a récemment (¹) montré que la brusque décompression des gaz abaisse les points de fusion en obtenant, par ce moyen, la fusion de roches acides à 750°.

On peut d'ailleurs penser que le rôle de l'eau et de sa vapeur supercritique a été prépondérant, et envisager le phénomène connu sous le nom de *fusion aquéo-ignée*.

III. Dans la partie Sud du massif, affleure un complexe de roches granitiques intermédiaires entre les types hypoabyssiques et les types d'épanchement; il s'agit le plus souvent d'un microgranite felsitique (Tagodacht, Bou Oufounas, Ouzirhimt), mais aussi d'une rhyolite à texture perlitique dont les perles atteignent 2 ou 3^{cm} de diamètre (Tikfilt). Ces roches, difficiles à situer géologiquement, paraissent avoir été mises en place au-dessus du dôme et être postérieures à la masse principale du granite; elles pourraient ainsi provenir du fonds granitique et représenter assez exactement le magma correspondant aux plus acides des plutonites rencontrées dans la région. Nous pensons donc que leur état volcanique ou subvolcanique correspond à un stade *terminal* de l'évolution du massif.

PALÉOBOTANIQUE. — *Caractéristiques de la stèle phyllophorale de l'*Ankyropteris Bertrandi *nov. sp.* Note de M. **Paul Corsin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'*Ankyropteris Bertrandi* nov. sp. (famille des Clepsydracées, ordre des Phyllophorales, classe des Primofilicales ou Renaultifilicales) a été trouvé, à l'état silicifié, dans le Namurien de Haute-Silésie. Il provient exactement de la couche Koks, puits Eugen à Peterswald, district d'Ostrau. On n'en connaît pas la tige, mais simplement les phyllophores et les traces pétiolaires non complètement individualisées et par suite encore situées dans le tissu fondamental.

1. Le phyllophore a, en section transversale, un contour ovale à grand allongement tangentiel par rapport à la tige. Ses dimensions sont les suivantes : 18^{mm} le long du grand axe de l'ove et 12^{mm} suivant le petit diamètre. Il comprend, en allant de l'extérieur vers l'intérieur : une gaine mécanique formée de très petits éléments sclérifiés (10 à 20^{μ}), le tissu fondamental constitué de cellules à parois minces, de 40 à 100^{μ} de diamètre et, plongé dans celui-ci, la stèle phyllophorale libéro-ligneuse. Cette stèle est d'un très grand diamètre relativement aux dimensions du phyllophore. Elle possède deux plans de symétrie à angle droit et peut s'inscrire dans une ove allongée tangentiellement comme le phyllophore. Voici sa composition :

a. Une *lame ligneuse* médiane, horizontale, longue (8^{mm} env.), rectiligne et uniformément grêle ($0^{mm},35$ de largeur).

(¹) Communication orale de M. Albert Michel-Lévy.

b. Quatre *arcs* (antennes) naissant et s'élevant perpendiculairement de part et d'autre aux deux extrémités de la lame médiane. Chacun d'eux est très régulièrement arqué et même tend à s'enrouler vers le plan de symétrie antéro-postérieur. Les arcs antérieurs sont un peu plus grands (profondeur maxima 4^{mm}) que les arcs postérieurs (environ 3^{mm}). Ils sont encore plus grêles ($0^{mm},25$ environ de largeur) que la pièce sur laquelle ils sont fixés et ils se renflent très légèrement à leur extrémité. L'ensemble, lame médiane et antennes, est uniformément composé de trachéides de grosse taille dont les dimensions varient de 60 à 120^{μ}.

c. Deux *filaments*, c'est-à-dire deux lames ligneuses très minces (10^{mm} env.), formés de trachéides de petite taille (15 à 40^{μ}), tapissant extérieurement les arcs et par suite réunissant les extrémités de ces derniers situés d'un même côté du plan de symétrie principal antéro-postérieur. Un filament prend naissance à la suite de l'arc ligneux qui se recourbe vers l'extérieur près de sa terminaison. Ses trachéides diminuent rapidement de taille et viennent se coller aux éléments de plus gros diamètre formant l'antenne. Il y a ainsi formation, de chaque côté du plan antéro-postérieur, d'une vaste boucle périphérique s'étendant sur toute la surface latérale de la stèle phyllophorale. Cette boucle est très souvent virtuelle par suite de l'accollement étroit des deux sortes de trachéides et réduite à une simple ligne, très nette cependant, du fait même que les éléments de part et d'autre de celle-ci sont de taille très différente. Il n'y a jamais de tissu parenchymateux à l'intérieur de la boucle. Les éléments du protoxylème sont disposés irrégulièrement sur la face interne du filament (protoxylème diffus), mais il se forme quatre maxima ou pointements trachéens respectivement situés aux extrémités antérieures et postérieures de chaque boucle, là où l'arc ligneux interne se recourbe pour se transformer en filament.

d. Une couche continue de liber entourant complètement la stèle ligneuse. Elle atteint son développement maximum en face des extrémités des quatre arcs ligneux. Ce liber est composé de tubes de grosse taille (probablement tubes criblés) et de cellules de petit diamètre ou éléments libériens.

2. L'émission de la trace pétiolaire se fait, alternativement à droite et à gauche, dans la région latéro-antérieure de la stèle phyllophorale. Le mécanisme en est assez compliqué. Tout d'abord il se forme une brèche dans l'un des arcs antérieurs à son point de jonction avec la lame ligneuse horizontale. Cette ouverture met la boucle périphérique en communication avec le tissu fondamental interne et permet à ce parenchyme, précédé du liber qui tapissait la stèle mère vers l'intérieur, de pénétrer à l'intérieur de la cavité ainsi formée. Sous l'effet de la poussée provoquée par ces éléments, le filament (petites trachéides) forme une hernie vers l'extérieur. La hernie grandit et en même temps le parenchyme et le liber qu'elle abrite augmentent de volume. La boucle périphérique, coupée par ces tissus, régresse d'abord du côté antérieur et les deux parties ainsi formées se dirigent bientôt dans le filament dilaté en forme

de hernie (future trace pétiolaire) à l'intérieur duquel elles progressent en direction l'une de l'autre. Finalement la masse sortante se libère, par rupture au niveau de la pièce mère, sous la forme d'un arc semi-sphérique à concavité tournée vers l'intérieur. En même temps la stèle phyllophorale se reforme par prolifération des trachéides, de petite et de grosse taille, de part et d'autre de la brèche, reconstituant ainsi la boucle périphérique. En définitive on assiste à la formation d'une boucle pétiolaire qui sera dans le prolongement de la boucle de la stèle phyllophorale.

3. La stèle ligneuse pétiolaire libre, mais non encore dans le pétiole complètement individualisé, a la forme d'un très large fer à cheval. Elle est formée de deux parties intimement accolées, un arc interne et un filament externe, séparées par une boucle virtuelle. Toutes deux proviennent du filament de la stèle phyllophorale. Dans la boucle se trouvent les trachées disséminées au hasard; elles sont en relation avec le protoxylème diffus de la stèle mère. Bientôt il se formera un maximum trachéen, situé à l'intérieur de l'arc, à chacune des deux extrémités de la boucle. La stèle pétiolaire ligneuse est complètement entourée de liber : liber interne provenant du liber interne de la stèle phyllophorale et liber externe continuant ce même tissu situé à l'extérieur. Quant au parenchyme, qui se trouve à l'intérieur de l'arc libéro-ligneux, il a pour origine le tissu fondamental interne du phyllophore.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la structure des noyaux et la méiose de* Plasmopara viticola (*Berk. et Curt.*) *Berl. et de Toni.* Note de M. **Marcel Bosc**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous avons étudié la structure des noyaux et la méiose de *Plasmopara viticola* sur du matériel fixé par le liquide de Flemming ou celui de Meves et coloré par l'hématoxyline de Heidenhain. Nous avons utilisé aussi la réaction nucléale de J. Turchini, P. Castel et Khau Van Kien ([1]), après fixation par le liquide de Bouin-Hollande.

Le noyau végétatif de *Plasmopara viticola* a environ 2^{μ}. Il est entouré d'une membrane qu'il conserve pendant toute la durée de la division. Au repos il présente un caryosome central ou subcentral à l'intérieur duquel on peut reconnaître un centriole. On distingue aussi quelques granules de chromatine périphérique. Le caryosome se colore en bleu violacé par la réaction nucléale précitée, ce qui démontre sa richesse en acide thymonucléique.

A la prophase le caryosome se scinde en deux parties qui s'écartent et restent reliées entre elles par un filament chromatique. Une chromatine poussiéreuse est éparse dans le noyau. Quelquefois des granules de chromatine sont visibles. En vue polaire les chromosomes sont disposés sur la section de la

([1]) *Montpellier médical*, 23-24, 1943, p. 599.

plaque équatoriale; souvent ils sont à la périphérie; cela correspond à la métaphase. On compte de cinq à sept chromosomes, suivant le plan par lequel passe la coupe. L'anaphase est marquée par la formation de deux calottes de chromatine réunies par un fuseau. Il a été possible quelquefois d'observer la migration des chromosomes de la plaque équatoriale vers les deux pôles où ils se fusionnent. Enfin à la télophase on voit les deux noyaux fils piriformes encore reliés par un fin tractus. Ces figures de division rappellent celles qui ont été signalées par E. Chatton (2) chez les Amides du groupe *limax* et par Poisson chez des Eccrinides et désignées par Nägler sous le nom de *promitose*.

Les anthéridies, qui apparaissent à l'arrière-saison, résultent de l'élargissement terminal du mycélium et ont une forme de massue d'environ 40 à 50$^{\mu}$ de long sur 20 à 25$^{\mu}$ de large. Les oogones ont même origine. Elles sont plus ou moins sphériques et leur diamètre moyen est de 30$^{\mu}$ environ. Un noyau de l'anthéridie copule avec un noyau de l'oogone. Chacun d'eux a un diamètre qui est deux à deux fois et demie celui des autres noyaux. La membrane nucléaire au point de contact des deux noyaux disparaît. Les caryosomes fusionnent. L'oospore reste dans cet état jusqu'au printemps.

Les premières divisions du noyau de fécondation se font en quelques heures. A la prophase de la première division, le noyau s'étire, le caryosome est particulièrement volumineux et aux pôles la chromatine se condense. Aux stades à 2, 4, 8 noyaux, la chromatine se présente le plus souvent sous forme de tractus, de granules, mais elle est fréquemment condensée à la périphérie du noyau. Le caryosome est relativement gros et nous avons pu y reconnaître, d'une façon particulièrement nette, des granulations qui rappellent les nucléolules des nucléoles. A tous ces stades, le noyau conserve la taille très grande qu'il avait au moment de la fusion. Les divisions nucléaires sont si rapides que nous avons observé des chapelets de noyaux; deux de ceux-ci étaient encore en télophase que déjà l'un d'eux entrait en prophase. On reconnaît aux pôles un centrosome duquel partent des fibres fusoriales. Il n'y a pas d'aster. Au stade à quatre noyaux, des plaques équatoriales particulièrement nettes nous ont permis de dénombrer de quatorze à seize chromosomes, nombre approximativement double de celui du noyau végétatif du mycélium; la membrane nucléaire a disparu. Les noyaux des stades à seize et trente-deux noyaux sont plus petits et reprennent la structure promitotique.

Ces faits permettent de penser que le mycélium et les conidies ont des noyaux haploïdes. Le noyau de l'oospore est diploïde ainsi que les noyaux des premiers stades de division du noyau de fécondation puisque, au stade de 4 noyaux, nous avons nettement trouvé un nombre de chromosomes double de celui du noyau végétatif. Ainsi la réduction chromatique n'a pas lieu lors de la première division

(2) *Arch. Zool. exp. et gén.*, 5, 1910, p. 267.

du noyau de fécondation, comme le pensaient Warger, Berlèse, Claussen, Krüger, Kin Chou Tsang pour diverses Péronosporées et K. Arens ([3]) pour *Plasmopara viticola*. Elle se place vraisemblablement au passage du stade de division de 8 à 16 noyaux.

De plus, les noyaux de la génération diploïde éphémère présentent une caryocinèse normale, tandis que ceux du noyau végétatif sont du type promitotique. Cette différence de structure des noyaux haploïdes et diploïdes nous paraît être un fait nouveau. Il nous permet de penser avec Chatton ([2]) que la structure *promitotique* n'est pas un phénomène primitif, mais bien un processus caryocinétique d'accélération ou de *dégénérescence*.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Actions bactériostatiques chez* Pelargonium zonale *et* Crown Gall. Note de M. **Boris Rybak**, présentée par M. Joseph Magrou.

Politis ([1]), Cook et Taubenhaus ([2]), Cook, Taubenhaus et Wilson ([3]), Dufrenoy ([4]), Dufrenoy et Frémont ([5]) ont signalé l'importance des phénols quant à la résistance des Plantes aux maladies fungiques. D'autre part, G. Amoureux, dans sa thèse ([6]), relatait ses échecs dans ses tentatives de culture des variétés *Houblon* et *Chrysanthème* de *Phytomonas tumefaciens* lorsque ces bactéries étaient mises sur une gélose additionnée d'un extrait aqueux de *Pelargonium zonale*. Au cours de nos recherches, nous avons pu constater que cette plante renferme d'importantes quantités de composés phénolés plus ou moins en complexes d'adsorption dont nous donnerons ailleurs les caractères chimiques.

Or, *la présence de ces substances à l'état physiologique n'empêche pas que* Pelargonium zonale *soit sujet au crown-gall*. Nous avons toutefois reconnu que, d'une façon constante, les plantes, comme l'Anthémis, libèrent peu après l'inoculation de *Ph. tumefaciens*, et autour des points d'inoculations, des composés qui répondent aux réactifs des groupements phénoliques.

Que les extraits de *Pelargonium zonale* soient effectués à chaud ou à froid et qu'ils soient stérilisés par autoclavage ou tyndallisation, les colonies bactériennes ne s'étendent pas sur la gélose renfermant ces extraits, mais on remarque qu'elles présentent des liserés concentriques bruns dus à des phénolases. On ne peut imputer l'action antibactérienne des extraits aux essences du Pelargonium; si en effet on distille l'extrait aqueux brut de façon à les éliminer,

([3]) *Jahrb. f. Wiss. Bot.*, 70, 1929, p. 57.

([1]) IIIe *Congrès international de Pathologie comparée*; Athènes, 1936.

([2]) *Delaware Agric. Station*, 1911.

([3]) *Bot. Gaz.*, 60, 1915.

([4]) Xe *Congrès d'Horticulture*, 1932.

([5]) *Phytopath. Zeits.*, 4, 1931, pp. 37-41.

([6]) Paris, 1934.

la liqueur résiduelle, diluée au 1/4, filtrée et stérilisée, présente encore les mêmes effets.

Si maintenant on tente de cultiver *Phytomonas tumefaciens* sur milieu liquide à l'extrait de Pelargonium obtenu à froid ou à chaud, on constate, d'une part, qu'il se développe une coloration brune dans le cas de la variété *Houblon*, souvent verdâtre dans le cas de la variété *Chrysanthème* (phénolases) et que, d'autre part, les Bactéries forment un dépôt peu abondant au fond du tube même avec la variété *Houblon* qui, pourtant, sur bouillon de veau, par exemple, donne des colonies surnageantes. Si l'on ensemence les bouillons (*Ph. tumefaciens* dans extrait de Pelargonium) sur une gélose nutritive ordinaire, on obtient des colonies normales de Bactéries. Il s'agit donc de bactériostatines, agissant vraisemblablement par mécanisme antioxygène et non de Bactéricides.

Enfin, par analogie avec les expériences d'inhibition du développement de *Rhizoctonia repens* par fragments de bulbe d'Ophrydée (*Loroglossum*) de N. Bernard (7), nous avons réalisé les expériences suivantes :

Des fragments (8) de portions jeunes de tiges de *Pelargonium zonale* sont prélevés aseptiquement et portés sur une gélose nutritive (9) en tubes stériles, puis on ensemence soit la variété *Houblon* soit la variété *Chrysanthème* à 25^{mm} de la section droite et l'on porte à l'étuve à 29°C. Après 48 h., on constate une nette inhibition du développement des Bactéries, inhibition s'exerçant toujours à faible distance, $4\text{-}5^{mm}$ maximum. La zone inhibée est située devant la section de de la tige (l'épiderme gêne la diffusion des produits antibactériens). L'effet n'est pas détruit sensiblement après chauffage des fragments de *Pelargonium zonale* à 55° C. pendant une heure. Donc, la ou les substances actives sont différentes de celles du couple *Loroglossum-Rhizoctonia* qui sont thermolabiles. Le point important est de savoir dans quelle mesure les composés phénolés sont seuls actifs; il ne faut pas en effet perdre de vue que les fragments végétaux n'étant pas en culture suivent un processus nettement catabolique.

En conclusion : les phénols peuvent jouer un rôle dans la résistance de plantes aux infections par le *Ph. tumefaciens*, mais ce rôle ne peut être que restreint. Il reste d'ailleurs à déterminer la *qualité* de la ou des fonctions phénols, c'est-à-dire leur activité antibiotique par rapport à leurs positions dans la molécule et à la conformation de cette molécule même, ce que nous faisons actuellement.

---

(7) *Ann. Sc. Nat.*, 9e série, **222**, 1909.

(8) Fragments de 20^{mm} de long, section droite perpendiculaire à l'axe d'élongation de la tige, l'épiderme étant conservé.

(9) Composition de la gélose utilisée : bouillon de Bœuf (20^{g}/tube de 22^{mm}), glucose (2^{g} tube), ClNa (5^{g}/litre), gélose (q. s.).

Ce milieu est particulièrement favorable pour la variété *Houblon* (enduit gras, épais, se moirant après 4-5 jours). La variété *Chrysanthème* s'y développe beaucoup plus lentement. Les résultats décrits avec la variété *Houblon* n'en sont donc que plus nets.

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Évaluation quantitative de la glycuroconjugaison hépatique* in vitro. Note ([1]) de M[lle] **Odette Crépy**, présentée par M. Robert Courrier.

Nous proposons dans ce travail une nouvelle technique permettant l'étude de la glycuroconjugaison hépatique *in vitro*. Elle est fondée sur l'emploi de l'estriol. Nous avons précisé les modalités techniques de la séparation des formes libre et glycuroconjuguée de cet estrogène. L'évaluation quantitative du phénomène est fondée sur le dosage simultané de l'estriol et de l'acide glycuronique, dans chaque fraction obtenue.

Principe de la technique :

Sur un foie frais de Lapin ou de Cobaye, on pratique des coupes. Celles-ci sont immergées immédiatement dans une solution de Ringer, contenant une quantité déterminée d'estriol. Les coupes sont réparties par lots de 40, dans 6 erlenmeyers de 100^{cm^3}, contenant chacun 50^{cm^3} de solution.

L'opération est menée dans l'oxygène pur, à 38°,5, sous agitation pendant 2 heures et demie. On sépare les coupes de la solution; après acidification de cette dernière à pH 3 et addition de ClNa, on extrait à plusieurs reprises par de l'éther. L'estrogène libre passe dans la phase éthérée alors que le glycuroconjugué demeure en solution.

La phase aqueuse est alors reprise plusieurs fois par de l'alcool butylique qui extrait l'estriol combiné. Sur chaque extrait on effectue à différents stades, des dosages d'acide glycuronique et d'estriol.

L'acide glycuronique est dosé par la réaction de Tollens, modifiée par Florkin ([2]). Le dosage de l'estriol est effectué par notre méthode photométrique ([3]).

L'extrait éthéré ne contient pas de traces d'acide glycuronique libre ou combiné, mais la totalité de l'estriol libre non détruit.

L'extrait butylique, par contre, ne contient plus d'estrogène libre, directement extractible par l'éther, ainsi que le prouve l'étude des témoins dans lesquels on a ajouté l'hormone, immédiatement avant les extractions.

Cet extrait butylique, évaporé à sec, est repris à chaud par une solution hydratée d'acétone. Sur une portion aliquote, un premier dosage d'estriol est fait; mais les impuretés gênent la détermination de l'acide glycuronique, comme l'ont montré de nombreux essais. Aussi avons-nous été conduit à effectuer une hydrolyse du complexe, suivie d'extractions éthérées qui enlèvent l'estriol libéré et les impuretés.

Le dosage d'acide glycuronique a lieu ensuite sur la phase aqueuse concentrée.

D'autre part, nous avons fait également un dosage contrôle d'estriol sur le dernier extrait éthéré, mais il indique qu'une quantité appréciable de l'hormone a été perdue au cours de l'opération. En définitive, on ne peut tenir compte que des dosages d'estrogènes, avant hydrolyse et d'acide glycuronique, après purification.

Conclusion. — Cette méthode peut servir à l'étude du phénomène de la glycuroconjugaison hépatique et à celle du métabolisme des estrogènes.

([1]) Séance du 30 septembre 1946.

([2]) Florkin-Crismer, *Enzym.*, 3, 1942, pp. 223 et 229.

([3]) Jayle, Crépy et Judas, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 15, 1943, pp. 301-308.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Emploi de méthodes statistiques dans l'étude de la sensibilité de l'œil.* Note (1) de MM. **Charles Peyrou** et **Henri Piatier**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Hecht, Shlaer et Pirenne (2) et plus tard van der Velden (3) ont attribué l'absence d'un seuil déterminé de la perception visuelle à la nature quantique de la lumière. Reprenant leurs essais nous avons obtenu des résultats susceptibles de trouver leur interprétation dans une théorie analogue à celle qu'on utilise constamment en radiobiologie (4) et de donner une idée du nombre de quanta nécessaires à une perception visuelle des bâtonnets.

La méthode est la suivante : on irradie une petite portion de la périphérie de la rétine du sujet au moyen d'éclairs très brefs de lumière monochromatique ($510^{m\mu}$). Pour une dose suffisamment faible le sujet ne perçoit qu'une certaine proportion des éclairs qui croît de manière continue de 0 à 100 % avec la dose; il est donc impossible de déterminer un *seuil* au sens où l'entendent les physiologues. Soit D la dose en photons d'un éclair tombant sur la pupille et α la probabilité pour qu'un photon arrivant sur la pupille soit absorbé efficacement dans les bâtonnets; la probabilité pour que n photons au moins soient absorbés efficacement est, d'après la loi de Poisson,

$$ {}^{n}_{1}\mathrm{P}(\mathrm{D}) = 1 - e^{-\alpha \mathrm{D}} \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(\alpha \mathrm{D})^k}{k!}. \tag{1} $$

Or les résultats expérimentaux traduits en coordonnées *doses* — *% d'éclairs perçus* sont très bien représentés par une courbe déduite de l'expression (1). Ceci s'explique aisément si l'on admet que la perception ou la non-perception d'éclairs de même dose est due aux fluctuations du nombre de photons absorbés par la rétine.

La figure 2 montre cependant que l'indice n de la courbe de Poisson représentant le mieux les résultats expérimentaux augmente en même temps que l'aire de la portion de rétine irradiée. Ce phénomène peut trouver une explication théorique. Supposons par exemple que la portion de rétine éclairée soit composée de q groupes élémentaires indépendants, identiques entre eux et tels que les photons absorbés dans l'un d'eux ne puissent pas produire des effets se sommant à ceux des photons absorbés dans les autres; la probabilité

(1) Séance du 30 septembre 1946.
(2) *J. Gen. Physiol.*, **25**, 1942, p. 819.
(3) *Physica*, **11**, III, mars 1944.
(4) Voir par exemple F. Holweck, *Le problème des quanta en radiobiologie* (*Arch. de l'Institut du Rad. de Paris*, 3, XI, 1934, p. 235).

pour qu'un groupe au moins absorbe les n photons nécessaires à une perception est alors

$$(2)\qquad {}^{n}_{q}\mathrm{P}(\mathrm{D}) = 1 - e^{-\alpha\mathrm{D}}\left[\sum_{k=0}^{n-1}\frac{\left(\frac{\alpha\mathrm{D}}{q}\right)^{k}}{k!}\right]^{q}.$$

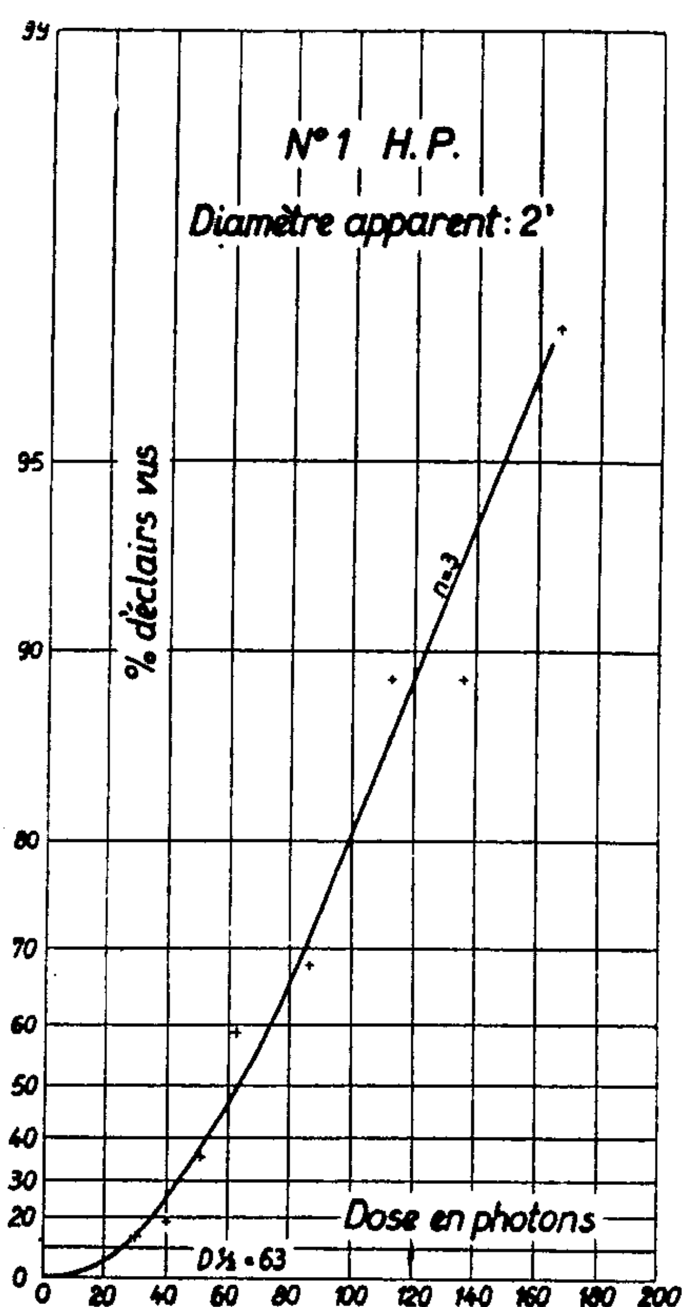


Fig. 1.

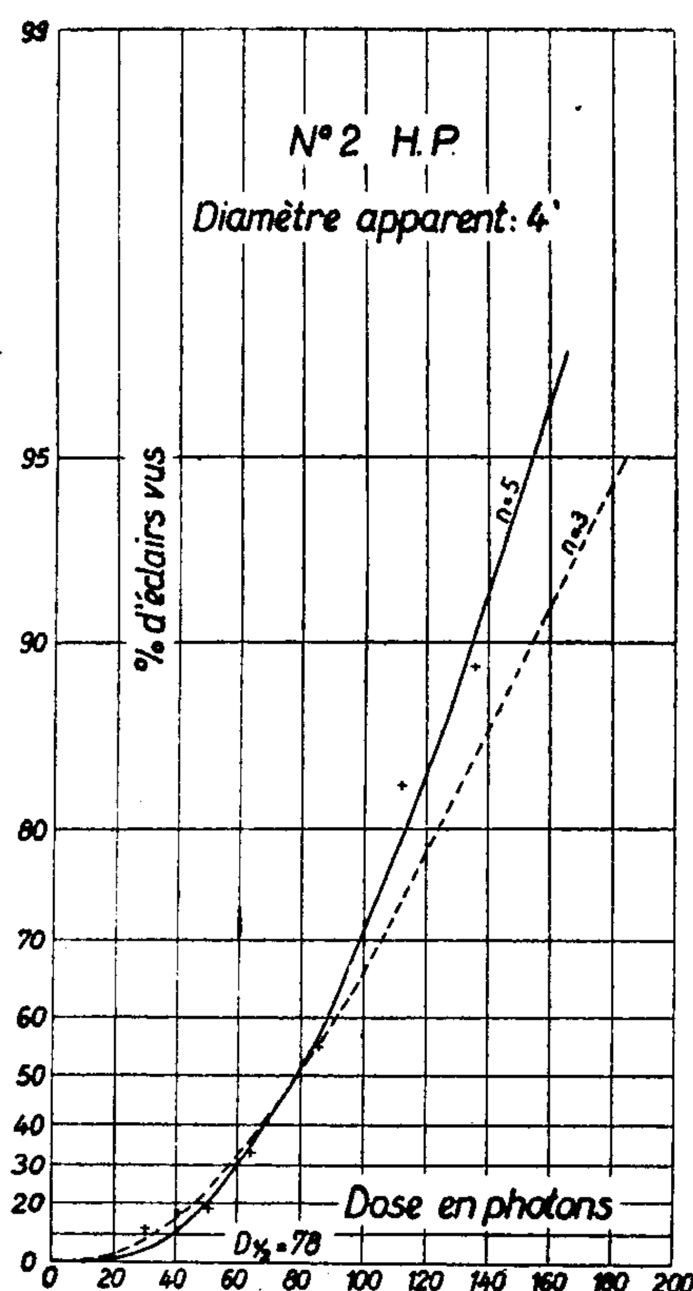


Fig. 2.

Si $n > 1$, une courbe représentative de ${}^{n}_{q}\mathrm{P}(\mathrm{D})$ peut se superposer à une courbe de Poisson simple ${}^{n'}_{1}\mathrm{P}(\mathrm{D})$ relative à un nombre de photons $n' > n$ [5]. Le nombre n' de photons nécessaires à une perception visuelle que l'on déduira de l'assimilation des courbes expérimentales à des courbes simples de Poisson, sera bien, dans ce cas, variable avec la surface éclairée et toujours supérieur au nombre réellement nécessaire n de photons. De plus, les doses nécessaires à un même effet seront plus fortes. Cette variation du nombre apparent de photons et des doses en fonction de la surface éclairée est mise en lumière par les courbes que nous publions. On ne peut cependant pas en déduire que les surfaces irradiées sont supérieures à celles du groupe élémentaire, car il est possible que la lumière tombant sur la rétine éclaire des portions de groupes

(5) K. G. Zimmer, *Biol. Zbl.*, 61, 1941, p. 208.

différents. Le vrai nombre de chocs ne pourrait être donné qu'à la limite par observation d'une source ponctuelle; mais, les bâtonnets étant répartis d'une manière discontinue, si la surface irradiée en compte un trop petit nombre, ce nombre variera d'un éclair à l'autre; la probabilité α sera alors très variable et l'on retrouvera les difficultés rencontrées en radiobiologie dans le cas d'une trop grande variabilité biologique ([5]). Pour cette raison il semble qu'il ne faille pas diminuer le diamètre apparent de la surface éclairée en dessous de 2′ (environ 10 bâtonnets). Dans ce cas, d'ailleurs, il est probable que les résultats expérimentaux sont bien traduits par une courbe de Poisson simple. Notons toutefois que le nombre minimum n' de photons varie un peu d'un sujet à l'autre (de 2 à 5).

L'interprétation des courbes expérimentales montre qu'une perception visuelle nécessite l'absorption de 2 à 5 photons répartis entre une dizaine de bâtonnets. On admet généralement qu'environ 10 % des photons traversant la pupille sont absorbés dans le pourpre, soit, dans nos expériences, 6 à 7 photons pour la dose d'effet moyen $D_{1/2}$; il est donc vraisemblable de conclure que ces photons sont absorbés dans des bâtonnets différents dont l'ensemble constitue ce que nous avons appelé le *groupe élémentaire*, et qu'un bâtonnet réagit au choc d'un seul photon, la sommation d'un certain nombre de ces réactions élémentaires étant nécessaire à la transmission d'un influx nerveux. A l'appui de cette thèse on peut ajouter que, dans le second cas étudié, la surface éclairée compte au moins 40 bâtonnets : si chacun réagissait indépendamment, le nombre q de la formule (2) serait égal à 40 et les courbes expérimentales correspondraient à un nombre apparent de photons très élevé, ce qui n'est pas le cas.

BIOLOGIE. — *Sur la nature du phénomène de précipitation intracellulaire que l'on peut supposer être la cause de la narcose.* Note de Mlle **Hélène Poussel**, MM. **Maurice Dodé** et **Pierre Gavaudan**, présentée par M. Robert Courrier.

Nous avons indiqué précédemment ([1]) les conditions indispensables auxquelles devait satisfaire toute théorie de la narcose par les narcotiques indifférents, et nous avons montré par ailleurs ([2]) qu'une théorie de ce phénomène basée sur la formation, sous l'action du narcotique, d'un précipité mixte de composition constante, se produisant en certains points non encore précisés de la cellule vivante, satisferait à ces conditions.

Tenant compte des observations de Meyer et Hemmi ([3]), il est naturel de partir de l'hypothèse que le précipité en question intéresse les lipoïdes. Dans ces conditions, le lipoïde sera le corps désigné précédemment ([2]) par A et le

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 407.
([2]) *Ibid.*, **223**, 1946, p. 521.
([3]) *Bioch. Zeits.*, **277**, 1935, p. 39.

narcotique sera le corps B; il reste à définir ce que sera le corps C, solvant commun à A et B : nous supposerons que ce sont les molécules protéiques des cénapses qui constituent ce solvant C.

Selon Dervichian ([4]), la macromolécule protéique est formée de deux plateaux à symétrie hexagonale, constitués chacun par une chaîne polypeptidique repliée dans un plan, de telle façon qu'une des faces présente toutes les fonctions polaires et l'autre les fonctions apolaires; les deux plateaux sont associés par leurs fonctions apolaires, et les fonctions polaires, dirigées vers l'extérieur, sont en contact avec le milieu aqueux cellulaire. Pour Machebœuf ([5]), les cénapses seraient formées de l'association de ces groupes protéiques avec des lipides, qui seraient fixés par leurs fonctions apolaires, soit sur les bords des feuillets protéiques avec leurs extrémités polaires à découvert, soit même inclus en *sandwich* entre les deux feuillets où ils seraient retenus par solvatation.

S'il en est ainsi, il doit être possible de considérer que les lipoïdes se trouvent en solution parmi les chaînes lipophiles des protéines. La thermodynamique ne fait en effet aucune distinction entre solution solide et liquide et le modèle de Machebœuf ne se distingue d'une solution solide habituelle que par la nature des forces qui maintiennent les différents groupes d'atomes en des positions fixes. Dans la solution solide courante, les groupes d'atomes ou de molécules de même espèce sont maintenus en place par des forces de liaison qui s'exercent directement entre ces différentes unités structurales; dans la cénapse de Machebœuf, les chaînes lipophiles des protéines sont maintenues en raison de leur fixation sur la chaîne carbonée principale repliée dans un plan. Ces deux modes de fixation des unités structurales ne sont, au fond, pas tellement différents l'un de l'autre. En particulier, le fait d'être fixés dans l'espace par une extrémité ne modifie probablement pas beaucoup la nature du champ extérieur latéral des chaînes lipophiles, si bien que l'ensemble *lipoïdes, chaînes lipophiles des protéines* ne doit pas différer beaucoup d'une véritable solution. Peut-être même pourrait-on considérer une telle solution comme intermédiaire entre les solutions solides proprement dites et les solutions liquides : solide vis-à-vis des chaînes lipophiles, qui occupent des positions fixes, liquide vis-à-vis des lipoïdes qui ne sont retenus que par syncristallisation.

Dans ces conditions, on conçoit fort bien que le narcotique puisse agir en précipitant une partie des lipoïdes qui sont dissous parmi les chaînes lipophiles. La narcose se produirait donc dès qu'une certaine proportion de ces lipoïdes serait ainsi précipitée, entraînant dans la cellule une *gêne* définie, indépendante du narcotique indifférent utilisé et se produisant pour une activité thermo-

([4]) *J. Chim. Phys.*, **38**, 1941, p. 59.

([5]) *État des lipides dans la matière vivante,* Paris, 1936; *Conférence sur les cénapses* (*Bull. Anal. C. N. R. S. microfilm*, 1944).

dynamique donnée du narcotique, également indépendante de ce narcotique. On comprendrait ainsi comment les narcotiques indifférents peuvent agir par leur seule présence et en obéissant *simultanément* aux règles expérimentales, et à première vue assez contradictoires ([6]), de Meyer et Hemmi ([3]) et de Ferguson ([7]).

Cette nouvelle théorie de la narcose qui est, pensons-nous, la première théorie de ce phénomène qui tienne compte des données expérimentales quantitatives dont on dispose sur les narcotiques indifférents, fournit en outre une interprétation très simple du phénomène le plus accentué provoqué par les narcotiques : la lipophanérose.

La lipophanérose se présente en effet comme le résultat d'une précipitation plus poussée et devenue suffisante pour être visible, sous forme de gouttelettes lipoïdiques se séparant au sein du protoplasme; le phénomène est alors, comme on sait, irréversible, soit par suite d'une altération trop profonde des cénapses, soit simplement en raison du manque de contact entre les constituants qui devraient réagir pour les reconstituer.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'histogénèse sexuelle du Singe : organes génitaux externes du mâle.* Note de Mme **Véra Dantchakoff** et M. **Alexandre Sergueiev**, transmise par M. Maurice Caullery.

Une série d'expériences nous a indiqué que l'agent actif dans l'histogénèse sexuelle de l'embryon des vertébrés est l'hormone du sexe hétérogamétique qui, pour les Mammifères est l'hormone mâle.

Ayant eu, à notre disposition, huit jeunes Singes femelles (*Macacus rhesus*), nous obtînmes, au cours de l'hiver 1945-1946, sept gravidités, dont la date de fécondation nous fut connue. Les embryons de ces Singes, aux stades de 23, 25, 27, 29 et 52 jours, de même que des petites femelles nouvellement nées, nous servirent de matériel, pour trancher la question de savoir, si, chez le Singe, l'histogénèse mâle est gouvernée par l'action d'un agent chimique, la testostérone. L'hormone mâle, à dose de 2^{mg}, fut introduite dans la cavité utérine de la mère et les embryons furent excisés aux stades de 2 et de 3 mois.

L'inspection des deux premiers embryons, un mâle et une femelle génétiques, excisés au stade de 2 mois, révéla que l'histogénèse sexuelle, à ce stade, bien que réalisée dans les deux sexes d'une manière très analogue, se montrait encore incomplète. L'ébauche du pénis, fortement et également proéminente dans les deux sexes, laissait entrevoir, à l'endroit de sa jonction avec l'ébauche du scrotum, une fente béante. Les lèvres de cette fente se souderaient-elles chez la femelle, à un stade plus avancé, de la manière propre au mâle ? Ou bien

([6]) P. Gavaudan, M. Dodé et H. Poussel, *Mém. Serv. Chim. État,* **31**, 1944, p. 384.
([7]) *Proc. Roy. Soc.*, B, **127**, 1939, p. 387.

cette fente allait-elle se transformer, chez la femelle, en l'hiatus du vagin? L'inspection des organes internes révéla, dans un des embryons (femelle génétique), la présence d'un utérus, absent chez le second embryon (mâle génétique).

Une bonne chance voulut que le troisième embryon excisé, âgé de 96 jours, fût aussi une femelle génétique. Macroscopiquement, ses organes *génitaux* présentaient une configuration parfaitement mâle. Le pénis, enveloppé du repli cutané du prépuce, laissa gicler, à une légère pression exercée sur la vessie, un jet d'urine, de l'orifice situé à son bout extrême. Le scrotum, à raphé fermement soudé, se présentait sous la forme de deux compartiments fortement proéminents. Aucune trace de vagin ne pouvait être retrouvée. Or, une inspection des organes internes révéla, derrière la vessie, la présence d'un utérus. Deux ovaires fortement bombés se trouvaient aux bouts des trompes de Fallope. Ces organes femelles s'étaient développés à la suite des commandes du déterminisme génétique femelle de l'embryon. Il est tout naturel que l'introduction de la testostérone, agent de l'histogénèse mâle, ne put exclure complètement l'action du déterminisme femelle obtenu au moment de la fécondation. Cet agent réussit cependant à dévier le développement des ébauches des organes génitaux externes, dans la direction mâle.

Sans avoir fait une recherche détaillée de séries microscopiques, il serait prématuré d'affirmer que l'histogénèse sexuelle entière présenterait, chez le Singe, une image fidèle de ce qui se passe chez les autres Mammifères. Pourtant, les diverses ébauches du système génital étant intimement associées dans leur développement, tout nous fait prévoir que des recherches ultérieures vont révéler une harmonie complète dans la nature des agents dirigeant l'histogénèse sexuelle, chez les Vertébrés supérieurs.

EMBRYOLOGIE. — *Évolution de l'appendice embryonnaire. L'appendice primordial caduc.* Note [1] de M. **Frédéric Gluckmann**, présentée par M. Robert Courrier.

Le développement ontogénique de l'appendice humain comprend deux phases distinctes, une phase précoce ou de l'appendice caduc, et une phase tardive ou du modelage progressif de l'organe. Ce développement ne présente aucun caractère qui puisse légitimer l'opinion si répandue que l'appendice subirait une régression pendant la vie fœtale. L'appendice (considéré indépendamment de l'évolution accélérée du cæcum) présente un développement *rigoureusement progressif*, c'est-à-dire que l'accroissement *de sa masse* est continu (voir *fig.* 7-23). Cette conclusion est le résultat de l'examen systématique d'un nombre d'environ 150 embryons et fœtus de tous les âges (dont

[1] Séance du 30 septembre 1946.

42 ayant mesuré entre 5 et 12^{cm} et 29 moins de 5^{cm}). Sa valeur est purement statistique. Car l'appendice embryonnaire est sujet à des variations morphologiques très étendues. Elles peuvent donner lieu à des interprétations erronées si les observations sont insuffisantes ou disparates (cf. les figures 12-13, 16-17, 20-21, 21-23).

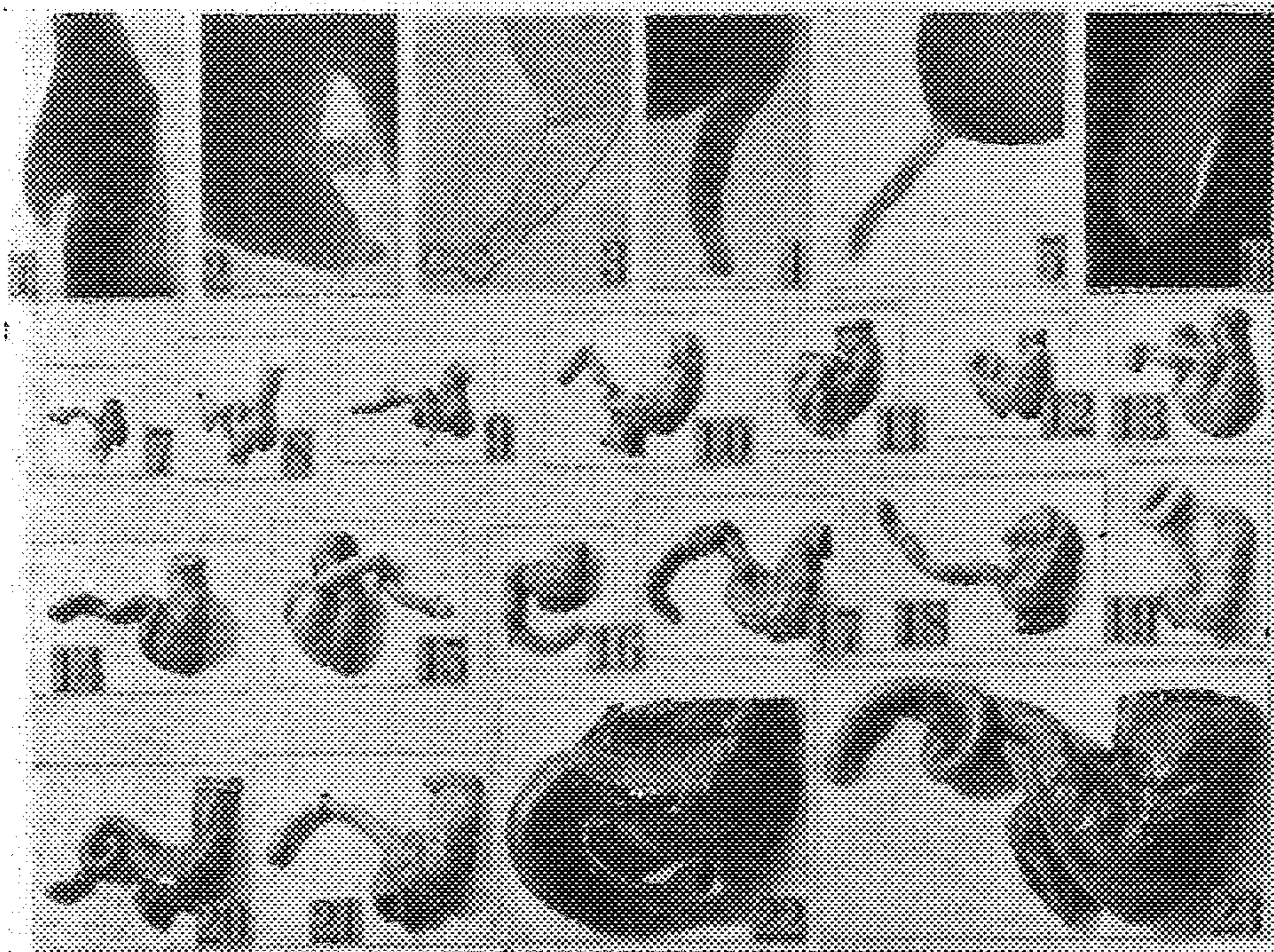


Fig. 1 et 2. Première ébauche de l'appendice caduc chez un embryon de 12^{mm},5 (longueur vertigo-coccygéale); 25 × et 72 ×. Le bourgeon accessoire est très développé. — Fig. 3. Phase d'extension de l'appendice caduc chez un embryon de 22^{mm} (longueur totale); 72 ×. — Fig. 4. Stade plus avancé (embryon de 26^{mm}); 48 ×. — Fig. 5. Début d'amincissement (embryon de 56^{mm}); 48 ×. — Fig. 6. Nodule final de l'appendice caduc (embryon de 9^{cm},5); 15 ×. (Microphotographies; organes frais, non colorés).

Fig. 7-23. Modelage progressif de l'appendice humain. Grandeur naturelle, vue postérieure. — Fig. 7. Cæco-appendice d'un embryon de 9^{cm},5 (longueur totale). — Fig. 8. Stade de 14^{cm},5. — Fig. 9. Stade de 15^{cm},5. — Fig. 10. Stade de 19^{cm}. — Fig. 11. Stade de 20^{cm},5. — Fig. 12. Stade de 22^{cm}. — Fig. 13. Stade de 23^{cm}. — Fig. 14. Autre spécimen du même stade (23^{cm}). — Fig. 15. Stade de 23^{cm},5. — Fig. 16. Stade de 26^{cm}. — Fig. 17. Stade de 28^{cm}. — Fig. 18. Stade de 29^{cm}. — Fig. 19. Stade de 29^{cm},5. — Fig. 20. Stade de 30^{cm}. *La longueur de cet appendice atteint* 3^{cm}. — Fig. 21. Stade de 35^{cm}. — Fig. 22. Stade de 45^{cm} (fœtus à terme). Appendice court et massif. — Fig. 23. Autre spécimen d'appendice de fœtus à terme. Insertion évasée caractéristique. *La longueur de cet appendice dépasse* 5^{cm}.

Le processus de modelage fœtal de l'appendice est précédé par un phénomène précoce et prémonitoire, d'un caractère très particulier : vers la fin du premier mois embryonnaire apparaît au sommet du cæcum en voie de formation un bourgeon plein formé de cellules indifférenciées, organisées longitudinalement. Ce bourgeon apical, — accompagné au début par un bourgeon accessoire, latéral, qui disparaît rapidement (vers le stade de 2^{cm}), — a été décrit par Kelly

et Hurdon en 1905, qui lui ont assigné une existence très éphémère : de 10 à 12 jours à la fin du 2ᵉ mois.

En réalité, la vie de cet appendice en miniature est beaucoup plus longue. Il est cependant assez fragile et doit être examiné à l'état frais.

Chez l'embryon de 12 à 13^{mm} (du vertex au coccyx), alors que le cæcum, à peine ébauché, présente encore une forme conique, il est déjà parfaitement conformé (voir *fig.* 1 et 2). Il s'accroît très rapidement (son point d'insertion descendant vers le centre du sommet du cæcum) et acquiert, chez l'embryon de 4 à 5^{cm} environ (longueur totale), son développement maximum. Il est alors visible à l'œil nu sous la forme d'un procès filamenteux épais, plutôt rigide, semblable à une corne de Limaçon, émergeant de l'apex cæcal. Sa longueur peut atteindre 2^{mm}. Ensuite, il s'amincit et s'atrophie graduellement pour devenir, chez l'embryon de 9 à 10^{cm}, un nodule minuscule situé au sommet de l'appendice vrai, à ce stade en état de différenciation déjà avancée. Les deux processus suivent donc une évolution en quelque sorte imbriquée, et ne se succèdent pas exactement l'un l'autre (comparer les figures 6 et 7, qui représentent le même organe). Vers le stade de 12^{cm}, il disparaît complètement laissant à sa place un léger cratère, qui se nivelle rapidement.

L'appendice caduc a donc une existence de deux mois ou de deux mois et demi.

La signification de l'appendice caduc, dont la structure n'est jamais utilisée par l'organisme de l'embryon, ne peut être que *récapitulative*.

Il rappelle, très fidèlement d'ailleurs, la phase de l'appendice contractile des Singes inférieurs. Sa position *inféro-interne* sur la protubérance cæcale (voir *fig.* 2, 3, 4) est, en fait, identique à celle de l'appendice contractile [1].

Il est impossible d'interpréter d'une autre façon, même approximativement, l'apparition et la disparition de ce processus au même endroit que ce dernier, qui est lui aussi transitoire.

Ce phénomène constitue un argument concret contre la thèse des adversaires de la récapitulation embryonnaire, qui accordent au développement ontogénique des êtres organisés non pas une signification de récapitulation vraie, dans le sens propre et rétrospectif du terme, mais celle d'une répétition schématique et purement idéale des phases *embryonnaires* des ancêtres.

A l'aide de cette conception, il n'est pas possible d'expliquer rationnellement le phénomène appendiculaire transitoire de l'ontogénie humaine, qui reproduit précisément un état ancestral *adulte*.

Or, si l'embryon humain reproduit un phénomène d'un caractère *éminemment adaptif* d'un ancêtre — dans le sens lamarckien le plus pur — il s'ensuit nécessairement que ce phénomène a dû laisser des traces indélébiles *dans le germe* de cet ancêtre, et dans celui de ses descendants.

---

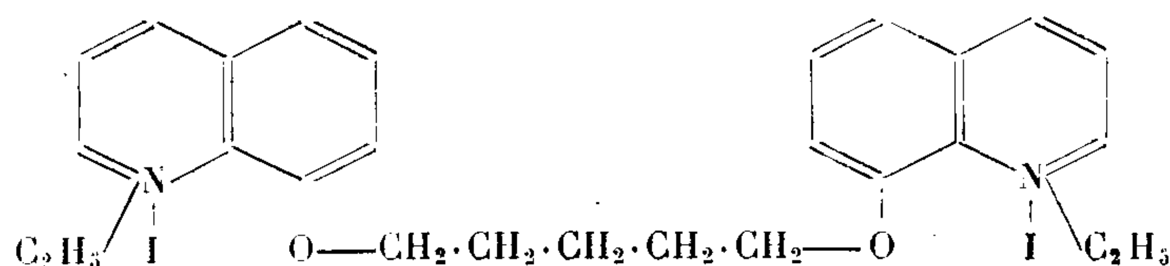
(1) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 517.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Propriétés curarisantes du di-iodoéthylate de* bis-[*quinoléyloxy*-8′] 1.5-*pentane*. Note de M. **Daniel Bovet**, Mme **Simone Courvoisier**, MM. **René Ducrot** et **Raymond Horclois**, présentée par M. Marcel Delépine.

En dehors des alcaloïdes naturels de différentes espèces végétales appartenant aux familles des Ménispermacées, des Loganiacées et des Papilionacées, des propriétés pharmacodynamiques analogues à celles du curare ont été signalées dans de nombreuses molécules simples et en particulier dans des sels d'ammoniums quaternaires.

Aucun des produits de synthèse connus ne présentant, tout au moins chez les Mammifères, une activité curarisante susceptible de se prêter aux investigations pharmacodynamiques et aux applications thérapeutiques, nous avons abordé l'étude de substances nouvelles dont la constitution devait tenir compte à la fois du modèle qu'offrait la *d*-tubocurarine naturelle et des relations entre structure et activité, qu'il était possible de tirer des travaux de nos prédécesseurs.

D'une série de dérivés d'un type nouveau dont la molécule comportait deux noyaux quinoléiniques ou isoquinoléiniques à fonction ammonium quaternaire, nous avons retenu le di-iodoéthylate de *bis* [quinoléyloxy-8′] 1.5-pentane (3381 R. P.) qui représente à notre connaissance le premier dérivé de



synthèse, dont l'activité curarisante se manifeste sur les Mammifères avec une électivité comparable à celle des alcaloïdes naturels isolés du curare.

L'injection intraveineuse au Lapin de 0,0005 g/kg est immédiatement suivie d'une diminution du tonus musculaire, visible d'abord au niveau des membres, d'une parésie du train postérieur gagnant le train antérieur, d'une atténuation du réflexe oculo-palpébral. La respiration d'abord légèrement accélérée devient spasmodique, tandis que le cœur bat normalement. A dose toxique ($0^g,00075$), l'animal meurt par arrêt respiratoire.

Nous avons injecté à des Lapins soumis à une respiration artificielle des doses variées du produit qui ont provoqué sans dommage pour l'animal des curarisations de plusieurs heures. La dose de 0,002 g/kg provoque une curarisation qui dure 30 minutes; celle-ci se prolonge pendant 2 heures après $0^g,0075$, 3 ou 4 heures après $0^g,015$, 7 heures après $0^g,030$. Pour le Lapin dont la ventilation pulmonaire est assurée mécaniquement, la dose maxima tolérée (0,0525 g/kg)

représente 70 fois la dose toxique pour l'animal normal; la dose mortelle est alors de 0,060 g/kg.

L'injection est immédiatement suivie d'un arrêt total des mouvements volontaires, de la disparition des réflexes et d'une diminution considérable du tonus musculaire.

La disparition de l'activité spontanée correspond assez exactement à l'interruption de la transmission neuro-musculaire. Le fait a été vérifié chez le Chien et le Lapin soumis à une anesthésie légère; l'injection de 0,002 g/kg du produit de synthèse est suivie en quelques minutes de l'inexcitabilité du nerf sciatique, puis d'une paralysie des effets de l'excitation du nerf phrénique sur le diaphragme.

Ce n'est que chez la Grenouille que nous avons pu remarquer, conformément aux observations anciennes de Vulpian et de Tillie dont l'interprétation demeure aujourd'hui encore complexe (Lapicque), une disparition des réflexes et de l'activité spontanée précédant l'inexcitabilité indirecte du muscle.

Le caractère électif de l'activité curarisante recherchée peut être aisément confirmé par l'enregistrement de la pression artérielle; chez le Lapin ou le Chien, l'injection intraveineuse d'une dose de 0,005 g/kg, provoquant une curarisation complète de 45 minutes environ, n'est suivie que d'une hypotension insignifiante de 10 à 20^{mm} de mercure dont la durée ne dépasse pas une minute. Le diiodoéthylate de *bis*-quinoléyloxy-pentane provoque cependant certaines réactions neurovégétatives analogues à celles que l'on reconnaît classiquement aux constituants actifs du curare, en particulier une paralysie du type nicotinique et une potentialisation des effets de l'acétylcholine, liée aux propriétés anticholinestérasiques de la molécule.

L'activité décurarisante de l'ésérine et du diméthylcarbamate du sulfate de 3-hydroxyphényltriméthylammonium (prostigmine) s'exerce sur la paralysie provoquée par le diiodoéthylate de *bis*-quinoléyloxy-pentane comme vis-à-vis du curare, illustrant également l'analogie des effets provoqués par les deux substances.

Nous noterons encore que l'introduction de la *d*-tubocurarine en chirurgie par Griffith et Johnson en 1942 nous a incités à réaliser chez l'animal des essais qui tendent à se rapprocher des conditions de l'expérimentation clinique. Les tracés, qui illustrent l'effet sur le tonus musculaire de la paroi abdominale du Chien soumis à une anesthésie légère au chloralose ou à l'éther, ont permis de mettre en évidence l'activité de 0,00001 g/kg du di-iodoéthylate de *bis*-quinoléyloxy-pentane, correspondant au cinquantième environ de la quantité susceptible de provoquer des troubles respiratoires.

ENTOMOLOGIE. — *Le mécanisme de la piqûre chez* Stomoxys calcitrans *L.*; *comparaison avec les Diptères Cyclorrhaphes suceurs.* Note de M. **François Gouin**, présentée par M. Émile Roubaud.

Au repos, le rostre de *St. calcitrans,* dont la structure a été étudiée précédemment ([1]), est rétracté et la trompe, repliée sous la tête, est placée dans le plan sagittal. La préhension de la nourriture doit donc se faire en trois temps : 1° évagination du rostre; 2° abaissement de la trompe et aspiration du sang; 3° retour à l'état de repos.

L'évagination du rostre et de la trompe est réalisée par les muscles des cornes fulcrales, qui font basculer le clypéus, et avec lui le fulcrum, autour de l'épistome, car le point fixe de ces muscles se trouve sur le péristome en avant de cette articulation. Les muscles longitudinaux, dorsaux et ventraux, entrent alors en jeu et font pivoter la trompe autour de l'articulation labro-apodémale; *ils sont érecteurs de la trompe.*

Les labelles dentés *scient* l'épiderme par des mouvements de rotation. *La trompe est enfoncée dans la chair par les apodèmes* agissant comme leviers qui, maintenus dans la position voulue par le petit muscle, sont soumis à la traction du puissant muscle fulcro-apodémal.

Une coordination doit donc s'établir entre les muscles de la corne fulcrale, les muscles longitudinaux de la trompe et les muscles de l'apodème.

La trompe est retirée de la plaie par l'action des mêmes muscles longitudinaux, dorsaux et ventraux, coordonnée cette fois avec celle des muscles rétracteurs du cône, ventraux. Le muscle oblique, faisant pivoter la trompe autour de l'articulation labro-apodémale, ramène la trompe et le rostre à la position de repos.

Chez les formes léchantes, dont la trompe est plus ou moins molle, à larges labelles en coussinets, les mêmes éléments squelettiques et musculaires se retrouvent, mais disposés un peu différemment. Chez *Calliphora sp.*, en particulier, que nous avons étudiée [rectifiant en certains points le Mémoire de Graham-Smith ([2]) sur *C. erythrocephala*], le clypéus est rattaché à l'épistome par un sclérite quadrangulaire, le *postclypéus,* articulé à la fois à l'épistome et au clypéus. *Ce postclypéus caractérise le rostre des formes léchantes;* chez *Musca domestica* il est soudé au clypéus. C'est à ce niveau que le muscle des cornes fulcrales postérieures prend appui : le point fixe en est donc légèrement reporté vers l'arrière, mais le muscle est érecteur et non rétracteur, comme le disent Graham-Smith et Kraepelin [pour *Musca domestica* ([3])]. L'allongement

---

([1]) *Comptes rendus,* **223**, 1946, p. 559.
([2]) *Parasitology,* **22**, 1930, p. 1.
([3]) *Z. wiss. Zool.*, **39**, 1883, p. 196.

de l'appareil buccal porte donc sur le rostre, alors que chez les formes piquantes il porte sur la trompe.

Le Stomoxe tient une place intermédiaire entre, d'une part, les formes léchantes à rostre allongé par suite du report en avant du clypéus, et les Glossines, d'autre part, dont la structure peut être interprétée comme le résultat d'un allongement de la partie basale de la trompe, corrélativement au report vers l'arrière de l'articulation avec le fulcrum et au raccourcissement du clypéus à un double sclérite triangulaire placé près de l'épistome.

Dans cet ordre d'idées la structure, particulière à *Stomoxys calcitrans*, de la portion du stomodéum reliant la cavité fulcrale au canal alimentaire de la trompe mérite d'être signalée : chez les formes léchantes, ce joint se fait au moyen d'un sclérite (*hyoïde* ou *theca* suivant les auteurs); chez *Stomoxys*, cette portion, beaucoup plus longue, a une structure *trachéoïde*, qui lui donne une grande souplesse.

Le plan d'organisation d'un groupe donné est donc remarquablement fixe : car les parties constitutives se retrouvent d'un groupe à l'autre, certains détails seuls se modifient en relation avec les diverses fonctions assurées par l'organe. *L'on ne saurait comprendre la raison d'être de tel ou tel élément sans la constante référence au tout, qui renferme, en les coordonnant et les « hiérarchisant », toutes les parties : l'organe et la fonction sont complémentaires, comme le sont, sur un autre plan, les concepts de matière et de forme.*

A $15^h 55^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 1er juillet 1946.)

Note de MM. *Charles Mentzer* et *Adolphe Pacault*, Structure du radical carbonyle dans les chlorures d'acide :

Page 40, lignes 18 et 19 du texte, *au lieu de* raie caractéristique, *lire* raie Raman caractéristique. Dans le tableau, qui a été abrégé, supprimer le premier groupe de longueurs d'onde infrarouge.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 OCTOBRE 1946.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à Sir **Harold Spencer Jones**, Correspondant de l'Académie, Astronome Royal d'Angleterre, MM. **Horia Hulubei**, Correspondant de l'Académie, Professeur à l'Université de Bucarest, **Heinz Hopf**, Professeur à l'École polytechnique fédérale de Zurich, **Adrien Pouliot**, Doyen de la Faculté des Sciences de l'Université Laval, à Québec, **John Edward Sears**, Superintendant honoraire du *National Physical Laboratory*, à Teddington, **Frederik John Marrian Stratton**, Directeur de l'Observatoire de Cambridge, **Victor Valcovici**, Professeur à l'Université de Bucarest, **Frits Zernicke**, Professeur à l'Université de Groningue, qui assistent à la séance.

M. **Arnaud Denjoy** dépose une *Notice* sur la vie et les travaux de son prédécesseur, Henri Lebesgue, qui sera imprimée dans le Recueil des *Notices et Discours*.

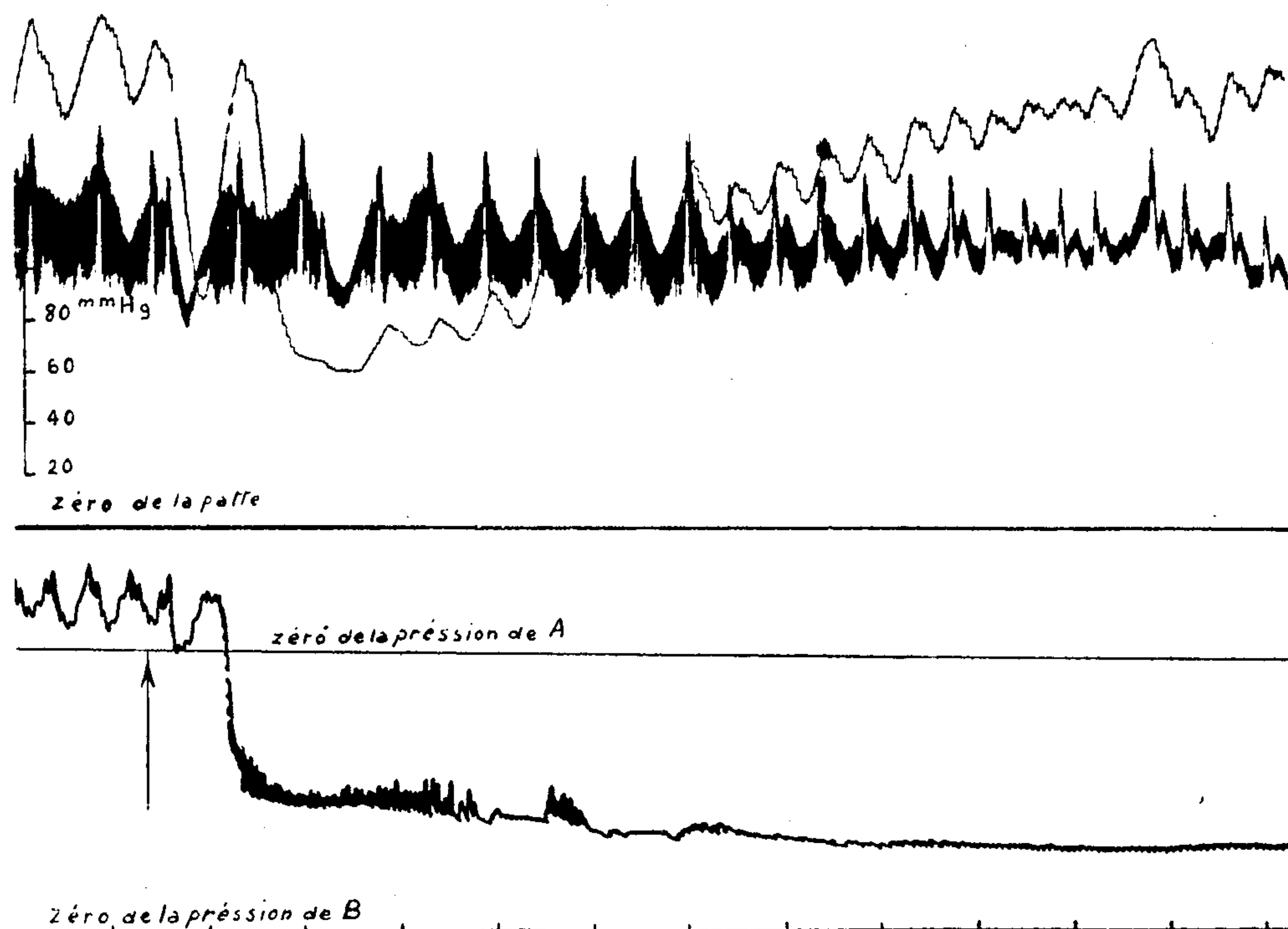
PHYSIOLOGIE. — *Sur le passage dans le sang d'une substance bronchoconstrictrice et vasodilatatrice au cours du choc anaphylactique chez le Chien.* Note (1) de MM. **Léon Binet** et **Mejer Burstein**.

Le bronchospasme anaphylactique chez le Cobaye est bien connu. Dans un travail antérieur (2) nous avons montré que, chez le Chien aussi, existe au cours du choc anaphylactique, en même temps qu'un effondrement tensionnel, un resserrement marqué des bronches. Des recherches ultérieures nous ont montré que le bronchospasme anaphylactique du Chien diffère de celui du Cobaye. Il est bien établi, en effet, que, chez ce dernier, on peut déclencher un bronchospasme anaphylactique au niveau d'un poumon isolé et perfusé. Les recherches sur le poumon isolé du Chien sensibilisé nous ont montré, par

---

(1) Séance du 14 octobre 1946.
(2) *La Presse Médicale*, n° 12, 11 février 1939, p. 217.

contre, l'absence de toute réaction bronchique après adjonction au liquide de perfusion du produit sensibilisant. D'autre part, si l'on exclut chez le Chien sensibilisé la circulation sous-diaphragmatique, par ligature de l'aorte thoracique et de la veine-cave inférieure, l'injection déchaînante ne détermine aucun bronchospasme. Dans le cas du Chien, le bronchospasme anaphylactique n'est donc pas lié à une réaction qui a lieu au niveau du poumon même, comme cela se passe pour le Cobaye. L'effet enregistré semble au contraire dépendre du passage dans le sang d'une substance bronchoconstrictrice formée dans la circulation abdominale.



Chien A, non sensibilisé, 8kg. Chien B, sensibilisé trois semaines auparavant vis-à-vis du sérum de cheval, 6kg. Débit de la perfusion de la patte de A, par le sang de B, 60cm³ par minute. Tracé inférieur : pression artérielle de B. Tracé moyen : pression artérielle de A. Tracé supérieur : pression dans les vaisseaux de la patte. A la flèche, injection intraveineuse de 10cm³ de sérum de cheval à B. Hypotension chez B, vasodilatation de la patte de A. (La pression dans les vaisseaux de la patte passe de 19cm Hg à 6cm.)

D'autres expériences nous ont montré qu'au cours du choc anaphylactique le sang du Chien acquiert aussi des propriétés vasodilatatrices. Nous avons utilisé notre technique de perfusion de la patte décrite antérieurement (3) : la patte postérieure d'un chien A, isolée au point de vue circulatoire, est perfusée à débit constant avec le sang d'un deuxième chien B qui a reçu, trois semaines aupa-

(3) Léon Binet et M. Burstein, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 197.

ravant, du sérum de cheval. L'enregistrement de la pression dans les vaisseaux de la patte perfusée renseigne sur leur état de tonus. L'injection intraveineuse de 10^{cm^3} de sérum de cheval au chien B détermine, en même temps qu'une hypotension marquée chez B, une vasodilatation importante au niveau de la patte perfusée du chien A, non sensibilisé. Il s'agit là d'une vasodilatation d'origine humorale, liée au passage dans la circulation d'une substance vasodilatatrice.

Il en résulte qu'au cours du choc anaphylactique chez le Chien, le sang acquiert un pouvoir bronchoconstricteur et vasodilatateur. Le bronchospasme anaphylactique chez le Chien est entièrement d'origine humorale; il est difficile de dire dans quelle mesure le passage d'une substance vasodilatatrice dans le sang suffit à expliquer l'hypotension anaphylactique. Il est vraisemblable que la vasodilatation et le bronchospasme dépendent tous les deux de la même substance, libérée au cours du choc anaphylactique.

Conclusion. — Le choc anaphylactique chez le Chien s'accompagne du passage dans la circulation d'une substance bronchoconstrictrice et vasodilatatrice.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Extension de la théorie de Prandtl à une aile de grand allongement, mais de forme quelconque* (¹). Note (²) de M. **Jean Leray.**

Dans un courant, qui à l'infini est uniforme et de vitesse $\overrightarrow{V_\infty}$, envisageons une aile dont la profondeur est faible relativement à l'envergure, mais dont le bord de fuite L a une forme arbitraire. Supposons que le sillage de cette aile se réduise à une nappe : soit $\Gamma(\sigma)$ la circulation de la vitesse autour d'une section de l'aile coupant L au point d'abscisse curviligne σ; le segment $(\sigma, \sigma + d\sigma)$ de L est l'origine d'une bande tourbillonnaire, parallèle à $\overrightarrow{V_\infty}$ et d'intensité $d\Gamma$. Il s'agit de déterminer $\Gamma(\sigma)$.

Utilisons des axes $Oxyz$ tels que Ox soit parallèle à $\overrightarrow{V_\infty}$. Dans le plan perpendiculaire à L au point M d'abscisse curviligne σ, utilisons des axes $M\xi\eta$ tels que $M\eta$ soit perpendiculaire à L et à $\overrightarrow{V_\infty}$ et que $M\xi$ fasse un angle aigu avec $\overrightarrow{V_\infty}$; $M\xi$ sera donc tangent à la nappe tourbillonnaire. Soit D_∞ (et D_L) le domaine que constituent les points dont la distance à l'aile est grande par rapport à sa profondeur (petite par rapport à son envergure); D_∞ et D_L recouvrent tout l'espace; soit d le domaine que constituent les points appartenant à la fois à D_∞ et à D_L. Dans D_L nous utiliserons les coordonnées (ξ, η, σ) et nous nommerons (u, v, w) les projections de la vitesse sur $M\xi$, $M\eta$ et la tangente à L en M.

(¹) Pour la bibliographie voir la *Thèse* de M. Jean Legras et sa Communication au *VIe Congrès international de Mécanique appliquée* (sous presse).

(²) Séance du 14 octobre 1946.

La section de l'aile par le plan $M\xi\eta$ est un profil $P(\sigma)$; soient $t(\sigma)$ sa profondeur, $k(\sigma)$ son coefficient de portance, $\beta(\sigma)$ l'angle de son premier axe avec $M\xi$; soit $\alpha(\sigma)$ l'angle que L fait avec $\overrightarrow{V_\infty}$.

Supposons $\Gamma(\sigma)$ connu; les formules de Poincaré donnent une expression de la vitesse qui vaut dans D_∞ et qui, en un point (ξ, η, σ) de d, devient ([3]), en posant $\zeta = \xi + i\eta$,

$$(1) \qquad u - iv = -\frac{i\Gamma(\sigma)}{2\pi\zeta} + \frac{i}{2\pi}\frac{d\Gamma(\sigma)}{d\sigma}\operatorname{cotg}\alpha(\sigma)\log\left(-\frac{\zeta}{a}\right) + W_\xi(\sigma) - iW_\eta(\sigma),$$

$$(2) \qquad w = \frac{1}{2\pi}\frac{d\Gamma(\sigma)}{d\sigma}\arg(-\zeta) + W_L(\sigma);$$

la détermination choisie pour le log (l'arg.) est réelle (nulle) quand ζ est réel négatif; elle est continue sauf sur la nappe tourbillonnaire, qui, rappelons-le, coupe orthogonalement le plan $M\xi\eta$ suivant une courbe tangente à $M\xi$ en M; W_ξ, W_η, W_L sont les projections sur $M\xi$, $M\eta$ et la tangente à L en M du vecteur

$$(3) \qquad \overrightarrow{W}(M) = \overrightarrow{V_\infty} + \lim\int_{L-l}\Gamma'\frac{\overrightarrow{MM'}\wedge\overrightarrow{dM'}}{4\pi\overline{MM'}^3}$$
$$- \frac{1}{4\pi}\lim\int_{L-\lambda}\frac{\overrightarrow{(0,\, z'-z,\, y-y')}}{(y'-y)^2+(z'-z)^2}\left[1 - \frac{x'-x}{\overline{MM'}}\right]d\Gamma',$$

où l est l'arc $(\sigma-\varepsilon, \sigma+\varepsilon)$ de L et λ l'arc $(\sigma-\varepsilon, \sigma+\eta)$ de L, ε et η tendant vers 0, en sorte que

$$(4) \qquad \operatorname{cotg}\frac{\alpha}{2}\log\left(\frac{2\varepsilon}{a}\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\right) = \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\log\left(\frac{2\eta}{a}\operatorname{cotg}\frac{\alpha}{2}\right).$$

La longueur a qui figure dans (1) et (4) est arbitraire; la valeur du second membre de (1) est, bien entendu, indépendante du choix de a; nous simplifierons les calculs ultérieurs en prenant $4\pi a = kt$.

Des formules (1) et (2), qui définissent l'écoulement dans d, déduisons l'écoulement dans D_L. Représentons conformément l'extérieur du profil $P(\sigma)$ sur l'extérieur du cercle $|Z| = a$, en faisant en sorte que Z et ζ soient des infiniment grands équivalents, ce qui est possible puisque $4\pi a = kt$. Supposons que dans D_L

$$(5) \qquad u - iv = \frac{\partial f(\zeta, \sigma)}{\partial\zeta}, \qquad w = \frac{\partial\mathcal{R}(f)}{\partial\sigma} \qquad (\mathcal{R} : \text{partie réelle de});$$

f est réel pour $|Z| = a$, et son allure à l'infini résulte de (1), compte tenu que $a\,d\Gamma/d\sigma$ est négligeable par rapport à Γ; d'où, en posant $W_\xi - iW_\eta = \gamma e^{-i\delta}$,

$$(6) \qquad f = \frac{i}{2\pi}\frac{d\Gamma}{d\sigma}\operatorname{cotg}\alpha\left[\left(Z + \frac{a^2}{Z}\right)\log\left(-\frac{Z}{a}\right) - \left(Z - \frac{a^2}{Z}\right)\right]$$
$$+ \gamma\left[Ze^{-i\delta} + \frac{a^2e^{i\delta}}{Z}\right] - \frac{i\Gamma}{2\pi}\log\left(-\frac{Z}{a}\right) + \int W_L\,d\sigma,$$

([3]) On trouvera le détail des calculs et des formules plus explicites au chapitre III de la *Thèse* de M. J. Legras.

d'où, en remarquant que $[1-(a^2/Z^2)]\partial Z/\partial\zeta$ est voisin de 1, puisque égal à 1 quand P est un segment de $M\xi$,

$$(7)\qquad u - iv = \frac{i}{2\pi}\frac{d\Gamma}{d\sigma}\operatorname{cotg}\alpha\log\left(-\frac{Z}{a}\right) + \left\{\gamma\left(e^{-i\delta} - \frac{a^2 e^{i\delta}}{Z^2}\right) - \frac{i\Gamma}{2\pi Z}\right\}\frac{\partial Z}{\partial\zeta}$$

et, en négligeant $Z(d^2\Gamma/d\sigma^2)$ par rapport à $d\Gamma/d\sigma$, $Z\,d\alpha/d\sigma$ par rapport à 1, $\partial Z/\partial\sigma$ par rapport à 1, etc.,

$$(8)\qquad w = \frac{1}{2\pi}\frac{d\Gamma}{d\sigma}\arg(-Z) + W_L;$$

la discontinuité de la vitesse est orthogonale à $M\eta$ et à $\overrightarrow{V_\infty}$; elle satisfait donc approximativement la condition, qu'elle doit remplir, d'être tangente à la nappe tourbillonnaire et perpendiculaire à la vitesse. Par suite (7) et (8) définissent la vitesse dans D_L avec une approximation acceptable. Le fait que la vitesse est finie le long de L s'exprime par la relation de Kutta-Joukowsky

$$(9)\qquad \Gamma = kt(W_\xi \sin\beta - W_\eta \cos\beta),$$

qui constitue une équation intégro-différentielle définissant $\Gamma(\sigma)$; cette équation généralise *l'équation de Prandtl*. Les efforts qui s'exercent sur l'aile s'obtiennent en appliquant la règle de Joukowsky à Γ et (W_ξ, W_η); en effet le long de l'aile les premiers termes des seconds membres de (6), (7) et (8) sont négligeables.

On pourra effectuer des *corrections de compressibilité* comme l'indique ma Communication au *VI[e] Congrès international de Mécanique appliquée* : soient c la célérité du son et $M = V_\infty/c$ le nombre de Mach à l'infini; déterminons le long du profil $P(\sigma)$ le coefficient de pression $c_p = 2(p - p_\infty)/\rho V_\infty^2$ relatif à un écoulement incompressible parallèle à $M\xi$; quand le point (ξ, η) décrit $P(\sigma)$, le point de coordonnées

$$(10)\qquad \xi' = \xi, \qquad \eta' = \eta + \left(\frac{1}{\sqrt{1 - M^2\sin^2\alpha}} - 1\right)\int_{(0,0)}^{(\xi,\eta)}[1 - c_p(\xi_1, \eta_1)]\,d\eta_1$$

décrit un profil $P'(\sigma)$; la circulation de la vitesse $\Gamma(\sigma)$, la résultante et le moment résultant des efforts relatifs à $P(\sigma)$ et au fluide compressible sont les mêmes que pour $P'(\sigma)$ et un fluide incompressible ayant à l'infini même densité et même vitesse.

M. **Gabriel Bertrand** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. **Clément Duval** intitulé *Notions fondamentales de biochimie à l'usage des candidats aux facultés et écoles de Médecine*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Auguste Chevalier** fait hommage à l'Académie d'un fascicule, extrait de la *Revue internationale de Botanique appliquée*, intitulé *Cinquantenaire de Madagascar. Cinquante années d'efforts scientifiques et sociaux pour le développement de l'Agriculture Malgache*, publié sous sa direction.

NOMINATIONS.

M. **Aimé Cotton** est désigné pour représenter l'Académie, à l'inauguration de la plaque apposée sur l'immeuble portant le n° 14 de la rue Montbauron, à Versailles, en souvenir de **Jules Lissajous**, qui aura lieu le mardi 5 novembre 1946.

M. **Albert Caquot** est désigné pour représenter l'Académie aux Cérémonies qui auront lieu à Londres, du 8 au 13 juin 1947, pour commémorer la fondation de l'**Institution of Mechanical Engineers**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° John R. Baker. *La science et l'état planifié*. Préface de M. Jean Thibaud.

2° Jean-Paul Mathieu. *Les théories moléculaires du pouvoir rotatoire naturel.*

3° Raymond Tuot. *Le problème de la signalisation ferroviaire et sa solution rationnelle*. Préface de M. Émile Bocquet.

M. **Johan Hjort**, élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, adresse ses remercîments à l'Académie.

MM. **Paul Dumanois**, **Raymond Jouaust** et **André Léauté** prient l'Académie de bien vouloir les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie, par le décès de M. *Léon Guillet*.

TOPOLOGIE. — *L'extensibilité des espaces vectoriels normés*. Note de MM. **Hubert Delange** et **Christian Pauc**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Soient $\mathbf{V}$ un espace vectoriel normé où $\|\mathbf{v}\|$ désigne la norme du vecteur $\mathbf{v}$, $S : (\mathbf{v}_1, \ldots, \mathbf{v}_p)$ un système fini quelconque de vecteurs de $\mathbf{V}$, nous posons

$$\delta^*(S) = \mathrm{Max}\,\|\mathbf{v}_{i_1} + \ldots + \mathbf{v}_{i_q}\| \text{ pour tous les sous-systèmes } (i_1, \ldots, i_q) \text{ de } (1, \ldots, p),$$

$$\lambda(S) = \|\mathbf{v}_1\| + \|\mathbf{v}_2\| + \ldots + \|\mathbf{v}_p\|.$$

Suivant la définition donnée par M. Menger [1] dans le cas des espaces euclidiens $\mathbf{E}_n$, nous appelons *extensibilité* (Streckbarkeit) de $\mathbf{V}$ la borne supé-

[1] *Erg. eines math. Koll.*, Heft 8, 1935-1936, p. 26.

rieure $\rho(\mathbf{V})$ des nombres α tels que, quel que soit S,

$$\delta^*(S) \geqq \alpha . \lambda(S).$$

THÉORÈME I. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que toute série commutativement convergente de* **V** *soit absolument convergente est que* $\rho(\mathbf{V})$ *soit positive* (²).

L'extensibilité des espaces **V** de dimension finie (³) est positive; elle est nulle pour l'espace de Hilbert, pour l'espace des séries absolument convergentes. Nous ne connaissons aucun espace **V** de dimension infinie qui ait une extensibilité positive.

2. Nous supposons **V** uniformément convexe selon Clarkson (⁴), $\mathcal{C}$ désigne une courbe de **V** de longueur $\lambda(\mathcal{C}) < \infty$. Suivant une définition donnée par M. Choquet (⁵) pour les espaces euclidiens, nous attachons à $\mathcal{C}$ une distribution de masses positives $\gamma = \gamma(\mathcal{C})$ sur la sphère unitaire **S** de **V** en posant pour tout ensemble borélien **B** de **S** [$\gamma(\mathbf{B})$ = mesure linéaire sur $\mathcal{C}$ de l'ensemble des points sur $\mathcal{C}$ où le vecteur unitaire de la tangente orientée appartient à **B**].

Des théorèmes de M. Aronszajn (⁶) appliqués à des écarts de Minkowski résulte le

THÉORÈME II. — $\mathcal{C}_1, \mathcal{C}_2, \ldots, \mathcal{C}_p$ *étant une suite de courbes rectifiables de l'espace uniformément convexe* **V** *convergeant vers une courbe rectifiable* $\mathcal{C}$ *de manière que* $\lambda(\mathcal{C}) = \lim \lambda(\mathcal{C}_p)$, *la suite des distributions de masses* $\gamma(\mathcal{C}_p)$ *converge faiblement vers la distribution* $\gamma(\mathcal{C})$.

Cas particulier. — $\mathcal{C}_1, \mathcal{C}_2, \ldots, \mathcal{C}_p, \ldots$ représente une suite de lignes polygonales inscrites dans $\mathcal{C}$ et convergeant vers $\mathcal{C}$. Chaque distribution $\gamma(\mathcal{C}_p)$ est répartie sur un nombre fini de points.

Nous disons avec M. Choquet (⁵) que deux courbes $\mathcal{C}_1$ et $\mathcal{C}_2$ sont *équivalentes* lorsque les distributions de masses $\gamma(\mathcal{C}_1)$ et $\gamma(\mathcal{C}_2)$ sont les mêmes.

THÉORÈME III. — *La borne supérieure* $\delta^*(\mathcal{C})$ *des diamètres des courbes* $\mathcal{C}^*$ *équivalentes à une courbe rectifiable* $\mathcal{C}$ *de l'espace uniformément convexe* **V** *est toujours* $\geqq \rho(\mathbf{V}).\lambda(\mathcal{C})$.

3. Soit **m** une mesure (de Lebesgue) définie sur un corps ou une algèbre amplifiée de Boole $\mathcal{K}$ selon Nikodym (⁷) et prenant ses valeurs dans un espace vectoriel normé **V**. Pour tout élément K de $\mathcal{K}$, nous définissons la *variation totale* $\varphi(K)$ de **m** comme la borne supérieure des nombres $\Sigma \|\mathbf{m}(K_i)\|$ pour

(²) Cette condition est la condition α de M. NIKODYM dans son article aux *Ann. Soc. Pol. Math.*, **18**, 1939, p. 15.

(³) L'extensibilité des espaces euclidiens $\mathbf{E}_n$ a été calculée par M. A. E. MAYER, *Comm. Math. Helv.*, **10**, 1937-1938.

(⁴) *Trans. Am. Math. Soc.*, **40**, 1936.

(⁵) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 540.

(⁶) *Rev. Scient.*, **4**, 1940, pp. 238 et 239.

(⁷) *Mémoires de l'Ac. royale de Belgique*, **17**, 1938, pp. 1-40.

toutes les disjonctions dénombrables $K = \cup K_i$ et la *variation* (ou **m**-norme) $\nu(K)$ comme la borne supérieure des nombres $\|\mathbf{m}(K')\|$ pour les éléments K' de $\mathcal{K}$ vérifiant $K' \subset K$.

La variation totale peut être infinie. Exemple : **V** est l'espace de Hilbert, $\mathbf{e}_1, \ldots, \mathbf{e}_i, \ldots$ une base orthogonale et normée de **V**, $\mathcal{K}$ le corps des sous-ensembles de l'ensemble E des nombres naturels, $\mathbf{m}\{i\} = \mathbf{e}_i/i$, alors $\varphi(E) = \infty$. La variation totale est la plus petite des mesures (lebesguiennes) numériques μ définies sur $\mathcal{K}$ telles que $\mu(K) \geqq \|\mathbf{m}(K)\|$ quel que soit K dans $\mathcal{K}$.

La variation $\nu(K)$ est toujours bornée, c'est une fonction (dénombrablement ou parfaitement) sous-additive. Elle permet de définir l'*espace de la mesure* **m** en posant comme distance $\delta(K_1, K_2)$ de deux éléments K_1 et K_2 de $\mathcal{K}$ la variation [8] $\nu(D)$ de la différence symétrique D de K_1 et K_2. Cet espace est complet; il rend les mêmes services pour une mesure vectorielle que l'espace de Nykodym-Aronszajn pour une mesure numérique.

Théorème IV. — *Pour toute mesure* **m** *prenant ses valeurs dans un espace vectoriel normé* **V**, *la variation $\nu(K)$ est $\geqq \rho(\mathbf{V}).\varphi(K)$. Par conséquent si $\rho(\mathbf{V})$ est positive, la variation totale de toute mesure* **m** *est bornée.*

HYDRODYNAMIQUE. — *Méthode de calcul par différences finies des puits, tranchées et drains. Hauteur critique.* Note [1] de M. **Charles Jaeger**, transmise par M. Henri Villat.

a. Méthode de calcul par différences finies des tranchées. — Nous avons montré [2] que l'on peut mettre, dans le cas d'un puits ou d'une tranchée, l'équation de la courbe d'abaissement d'une nappe souterraine sous forme différentielle et écrire :

Pour un puits de débit Q

$$(1) \qquad Q = 2\pi k y \left(x + \frac{y}{2} \operatorname{tg} \frac{\vartheta}{2}\right) \vartheta \cong 2\pi k x y \vartheta$$

et pour une tranchée de débit q

$$(2) \qquad q = k y \vartheta;$$

x, y sont les coordonnées d'un point de la ligne d'eau, ϑ l'angle que la tangente à la ligne d'eau fait avec l'horizontale.

Les équations (1) et (2) se prêtent à une construction simple, par différences finies, de la ligne d'eau. Supposons connu un point de la ligne d'eau, de coordonnées (x_i, y_i). On construit le point suivant de coordonnées (x_{i+1}, y_{i+1}) en

(8) M. Nykodym, dans son article cité en (7), p. 14, utilise la variation totale. Sa définition n'est applicable qu'à des mesures vectorielles de variation totale bornée.

(1) Séance du 2 septembre 1946.

(2) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 417.

remarquant que

(3) $$x_{i+1} = x_i + \Delta x_i; \qquad y_{i+1} = y_i + \Delta x_i \operatorname{tg} \vartheta_i,$$

ou

(4) $$\vartheta_i = \frac{Q}{K} \frac{1}{2\pi x_i y_i \left(1 + \frac{y_i}{2x_i} \operatorname{tg} \frac{\vartheta}{2}\right)} \text{ (puits)}$$

ou

(4 a) $$\vartheta_i = \frac{q}{k y_i} \text{ (tranchée).}$$

On peut, par cette méthode, construire point par point la ligne d'eau, en partant de conditions aux limites données.

b. Calcul de la hauteur critique h_c. — En régime permanent noyé ([3]) la hauteur d'eau $h_0 > h_c$ dans le puits ou la tranchée s'établit au niveau, où la ligne d'eau $y = y(x)$ coupe le bord du puits ou de la tranchée. Traçons la ligne d'eau pour un débit $Q = Q_1$ en partant des conditions aux limites, données à l'amont par $x = R$, $y = H$. Répétons la construction pour des débits $Q = Q_2$, $Q = Q_3$ etc. Les courbes $y = y(x)$ forment une famille de courbes, qui ont toutes une tangente verticale. La courbe Δ est le lieu des points à tangente verticale. Elle coupe le puits en C. Considérons la courbe de paramètre $Q = Q_c$, tangente en C à la paroi du puits de rayon r (ou de la tranchée). Le débit Q_c est le débit maximum compatible avec les conditions du problème ($\vartheta = \pi/2$) et l'ordonnée du point C est $h = h_c$, hauteur critique cherchée.

En partant de (4) et (4 a), on trouve

(5) $$h_c\left(1 + \frac{h_c}{2r}\right) = \frac{Q}{k} \frac{1}{\pi^2 r} \qquad \text{pour le puits}$$

et

(5 a) $$h_c = \frac{2}{\pi} \frac{q}{k} \qquad \text{pour la tranchée.}$$

En effet, toutes les courbes $Q < Q_c$ passent au-dessus du point C, avec $h_0 > h_c$. Si nous faisons au contraire $Q > Q_c$, les courbes $y = y(x)$ n'atteignent plus le puits ou la tranchée : la solution est imaginaire. $h = h_c$ correspond à $Q = Q_{max}$. Si le niveau d'eau h_0 dans le puits descend au-dessous de $h_c (h_0 < h_c)$, la position du point C ne varie pas; le débit de la nappe et la position de la ligne d'eau sont, en première approximation, indépendante du niveau dans le puits, ainsi que le veut l'énoncé du théorème de Bélanger-Böss généralisé ([4]).

c. Le problème des drains. — Considérons une série de drains parallèles, espacés de la distance E et placés à la profondeur T sur une couche imperméable. La plaine reçoit un débit de pluie $q^\star$ par unité de surface. Ce débit $q^\star$

([3]) Ch. Jaeger, *Revue générale de l'Hydraulique*, 9, 1943, XXXI et XXXIV, pp. 111 et 139.
([4]) Ch. Jaeger, *ibid.*, 9, p. 111.

doit être évacué en régime permanent, sans que le niveau de la nappe dépasse la hauteur $H_0 < T$. Le calcul développé sous *a* et *b* est immédiatement applicable, avec toutes ses conséquences, à ce nouveau cas. Il suffit d'observer que le débit, par unité de largeur, en une section x, est $q_x = \int_x^{E/2} q^\star dx$, avec $q_b = \int_{b/2}^{E/2} q^\star dx$ sur le bord du drain. Ici encore, la ligne d'eau ne peut en aucun cas descendre au-dessous du point C de hauteur h_c, même si le niveau h_0 dans le drain est $h_0 < h_c$. La nappe reste alors suspendue au-dessus du drain.

d. Application aux nappes en régime non permanent. — On peut étendre le principe de la construction graphique aux nappes en régime non permanent. Il est, ici également, essentiel de distinguer les écoulements noyés ($h_0 > h_c$) pour lesquels les solutions sont du type indiqué par H. Weber [5], des écoulements dénoyés ($h_0 < h_c$).

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Définition du minimum d'une fonction opératorielle. Minimum de l'opérateur force vive relative à un repère en translation.* Note de M. **Jean-Louis Destouches** et Mlle **Jeannine Viard**.

1. On sait qu'en mécanique classique [1] pour un système, la force vive relative à un trièdre T en translation par rapport au trièdre choisi comme trièdre fixe est minimum quand l'origine du trièdre T se trouve au centre de gravité du système; le théorème de König est alors valable. Cette propriété de minimum subsiste en mécanique ondulatoire à condition de définir convenablement le minimum d'un opérateur.

2. Soit X une variable sur un ensemble abstrait E et soit $\mathbf{F}(X)$ un opérateur fonction de X dont le domaine opérable et le domaine des valeurs sont des sous-ensembles de l'espace de Hilbert (en abrégé : opérateur de l'espace de Hilbert). L'opérateur $\mathbf{F}(X)$ sera dit *minimum en norme* pour la valeur X_0 de X si, quelle que soit la fonction f opérable par $\mathbf{F}(X)$, la norme de $\mathbf{F}(X).f$ est au moins égale à la norme de $\mathbf{F}(X_0).f$, soit :

$$[\mathbf{F}(X) \text{ min. en norme pour } X = X_0] \quad =_d \quad (X).(f). \quad \|\mathbf{F}(X).f\| \geqq \|\mathbf{F}(X_0).f\|.$$

Nous dirons qu'un opérateur linéaire $\mathbf{A}$ de l'espace de Hilbert est *positif* si toute valeur propre de cet opérateur est un nombre réel positif :

$$[\mathbf{A} \geqq 0] \quad =_d \quad (f). \quad \mathbf{A}f = \alpha f \quad \rightarrow \quad \alpha \geqq 0.$$

Un opérateur linéaire $\mathbf{F}(X)$ fonction d'une variable abstraite X sera dit

---

[5] *Die Reichweite von Grundwasserabsenkungen mittels Rohrbrunnen*, Berlin, 1928.

[1] Voir par exemple G. Bouligand, *Solide principal et dynamique de certains assemblages de solides* (*Revue générale des Sciences*, t. XLIX, n° 15, p. 412).

minimum pour $X = X_0$ si : 1° $F(X)$ est minimum en norme pour $X = X_0$, et si 2° $F(X) - F(X_0)$ est un opérateur *positif*. Si $\mathbf{X}$ est un opérateur variable sur un ensemble E d'opérateurs linéaires de l'espace de Hilbert, on vérifie facilement que :

1° la fonction $\mathbf{F}(\mathbf{X}) = \mathbf{X}^2$ est minimum pour $\mathbf{X} = 0$;

2° si $\mathbf{F}_1(\mathbf{X}) = \mathbf{F}(\mathbf{X}) + \mathbf{A}$, où $\mathbf{A}$ est un opérateur déterminé de l'espace de Hilbert et si $\mathbf{F}(\mathbf{X})$ est minimum pour $\mathbf{X} = \mathbf{X}_0$, alors $\mathbf{F}_1(\mathbf{X})$ est minimum pour cette valeur $\mathbf{X} = \mathbf{X}_0$;

3° si l'on pose $\mathbf{x} = \mathbf{X} - \mathbf{B}$, où $\mathbf{B}$ est un opérateur de l'ensemble E, si $\mathbf{F}_2(\mathbf{x}) = \mathbf{F}(\mathbf{X})$ et si $\mathbf{F}(\mathbf{X})$ est minimum pour $\mathbf{X} = \mathbf{X}_0$, alors $\mathbf{F}_2(\mathbf{x})$ est minimum pour $\mathbf{x} = \mathbf{X}_0 - \mathbf{B}$ et la valeur de ce minimum est $\mathbf{F}(\mathbf{X}_0)$;

4° si $\mathbf{F}_3(\mathbf{X}) = a\mathbf{F}(\mathbf{X})$, où a est un nombre réel positif déterminé et si $\mathbf{F}(\mathbf{X})$ est minimum pour $\mathbf{X} = \mathbf{X}_0$, alors $\mathbf{F}_3(\mathbf{X})$ est minimum pour cette valeur de $\mathbf{X}$ et la valeur de ce minimum est $a\mathbf{F}(\mathbf{X}_0)$.

Les quatre propriétés précédentes ont également lieu pour le minimum en norme; la quatrième subsiste alors pour un nombre a complexe.

3. Des quatre propriétés précédentes, il résulte que le quadrinome du second degré

$$\mathbf{F}(\mathbf{X}) = a\mathbf{X}^2 + \mathbf{B}\mathbf{X} + \mathbf{X}\mathbf{B} + \mathbf{C},$$

où a est un nombre réel positif, présente pour $\mathbf{X} = -(1/a)\mathbf{B}$ un minimum qui est égal à $\mathbf{C} - (1/a)\mathbf{B}^2$. On établit aussi que si $\mathbf{F}(\mathbf{X}, \mathbf{Y}, \mathbf{Z})$ est une somme de trois (ou plus généralement de n) quadrinomes de la forme précédente, la fonction $\mathbf{F}(\mathbf{X}, \mathbf{Y}, \mathbf{Z})$ est minimum pour les valeurs $\mathbf{X}_0$, $\mathbf{Y}_0$, $\mathbf{Z}_0$ des variables qui rendent minimum chacun des quadrinomes composants. On vérifie que la condition nécessaire et suffisante pour qu'une fonction de cette forme soit minimum est que sa variation $\delta\mathbf{F}$ soit nulle, c'est-à-dire que les valeurs $\mathbf{X}_0$, $\mathbf{Y}_0$, $\mathbf{Z}_0$ soient déterminées en annulant les coefficients droits et gauches de $\delta\mathbf{X}$, $\delta\mathbf{Y}$, $\delta\mathbf{Z}$ dans $\delta\mathbf{F}$

$$\delta\mathbf{F} = \mathop{S}_{X, Y, Z} (a\mathbf{X} + \mathbf{B})\,\delta\mathbf{X} + \delta\mathbf{X}(a\mathbf{X} + \mathbf{B}).$$

4. La force vive relative d'un système de corpuscules est

$$2\mathbf{T}_r = \mathfrak{M}(\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2) + (\mathbf{P}_X\xi + \mathbf{P}_Y\eta + \mathbf{P}_Z\zeta + \xi\mathbf{P}_X + \eta\mathbf{P}_Y + \zeta\mathbf{P}_Z) + 2\mathbf{T}_a,$$

où $\mathfrak{M}$ désigne la masse totale; $\mathbf{P}_X$, $\mathbf{P}_Y$, $\mathbf{P}_Z$ les composantes de la résultante cinétique absolue; $-\xi$, $-\eta$, $-\zeta$ les composantes de l'opérateur vitesse d'entraînement défini suivant les règles de la cinématique opératorielle ([2]); $2\mathbf{T}_a$ la force vive absolue. $2\mathbf{T}_r$ est une fonction quadratique de ξ, η, ζ de la forme envisagée ci-dessus, $2\mathbf{T}_r$ présente donc un minimum pour des valeurs ξ_0,

([2]) MICHEL CAZIN, *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 1079 et 1207.

η_0, ζ_0, des opérateurs ξ, η, ζ, ces valeurs étant, d'après la règle indiquée,

$$\xi_0 = -\frac{1}{\mathfrak{M}}\mathbf{P}_X, \quad \eta_0 = -\frac{1}{\mathfrak{M}}\mathbf{P}_Y, \quad \zeta_0 = -\frac{1}{\mathfrak{M}}\mathbf{P}_Z.$$

Or on a

$$-\xi = \frac{\mathbf{d}X}{\mathbf{d}t} = \sum_r \mathop{\mathrm{S}}_{X,Y,Z} \left(\frac{\partial F_1}{\partial X_r} X'_r + \frac{ih}{2}\frac{\partial^2 F_1}{\partial X_r^2}\right),$$

ceci en désignant par X, Y, Z les coordonnées de l'origine du trièdre auxiliaire qui sont des fonctions F_1, F_2, F_3 des coordonnées des corpuscules du système.

On a des formules analogues pour η et ζ.

En égalant l'expression de ξ précédente à celle de ξ_0 on aura

$$\frac{\partial F_1}{\partial X_r} = -\frac{m_r}{\mathfrak{M}}, \qquad \frac{\partial F_1}{\partial Y_r} = \frac{\partial F_1}{\partial Z_r} = \frac{\partial^2 F_1}{\partial X_r^2} = 0.$$

Ce système s'intègre immédiatement et donne

$$F_1 = -\Sigma_i \frac{m_i}{\mathfrak{M}} X_i + \text{const.};$$

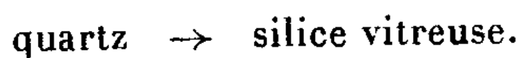
par suite *quand le trièdre auxiliaire en translation par rapport au trièdre fondamental a son origine au centre de gravité, l'opérateur force vive relative est minimum; on a alors le théorème de König*

$$\mathbf{T}_a = \mathbf{T}_G + \mathbf{T}_r.$$

Il y a donc bien maintien en mécanique ondulatoire du théorème classique de minimum énoncé au début.

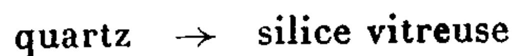
CHANGEMENTS D'ÉTAT. — *Nouvelle détermination du point de fusion commençante du quartz.* Note (¹) de Mlle **Célia Martinez**, présentée par M. Charles Mauguin.

La température de fusion du quartz n'a pu être établie que par des méthodes indirectes par suite de la lenteur de la transformation


quartz → silice vitreuse.

En général, les auteurs font des mesures de dilatation après chauffage prolongé à des températures déterminées. Ils trouvent ainsi des températures de fusion variant de 1456° C. (²) à 1685° (³).

L'étude de la transformation


quartz → silice vitreuse

(¹) Séance du 7 octobre 1946.

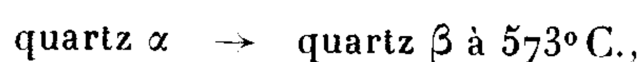
(²) Cusack, *On the melting points of minerals* (*Proc. Roy. Irish. Acad.*, **3**, 1897, pp. 399-413).

(³) Endell et Rieke, *Z. anorg. Chem.*, **79**, 1912, p. 239.

m'a conduit à la détermination du point de fusion commençante d'un quartz du Brésil très pur.

La matière première, broyée, lavée plusieurs fois à l'acide chlorhydrique et à l'eau distillée, a été chauffée à des températures déterminées pendant des temps croissants. Ces températures ont été maintenues à plus ou moins 5°C. près à l'aide du régulateur de température à disparition de filament de G. Bouchet [4].

Dans les échantillons ainsi obtenus, le quartz a été dosé par analyse thermique différentielle précise de la transformation



$$\text{quartz } \alpha \rightarrow \text{quartz } \beta \text{ à } 573^\circ\text{C.},$$

suivant la méthode mise au point et utilisée par F. Trombe [5].

En considérant le pourcentage du quartz restant dans les échantillons en fonction du temps de chauffe, on a obtenu les résultats suivants (*fig.* 1) :

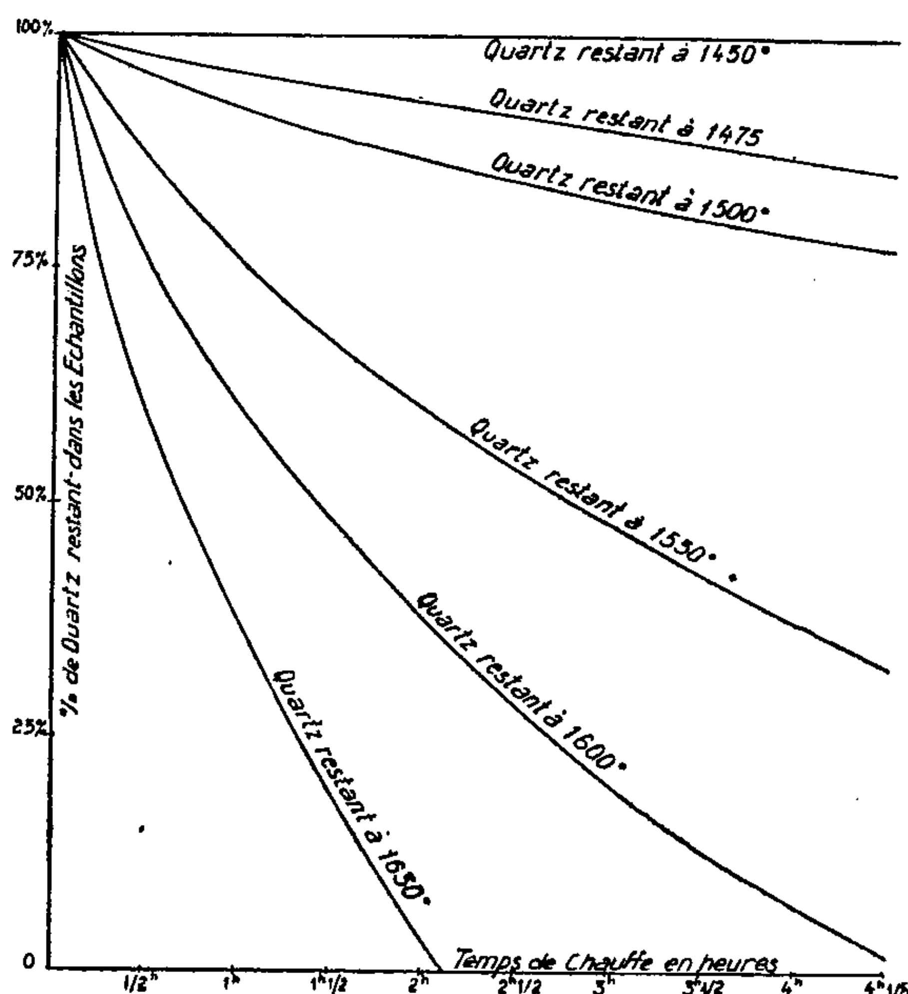


Fig. 1.

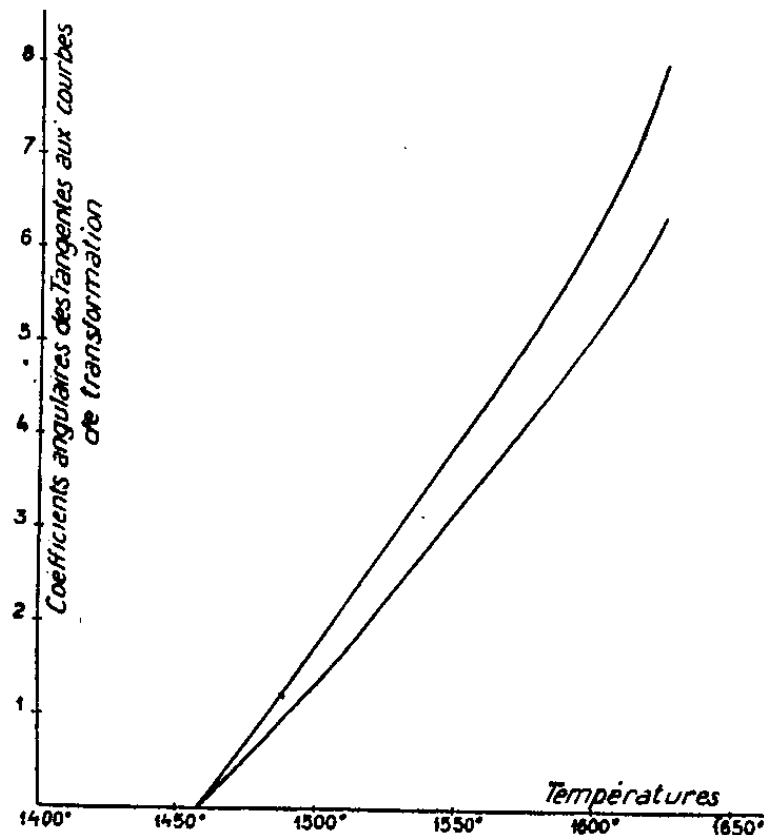


Fig. 2.

Considérons, par exemple, les différents échantillons au bout de 1 heure 1/2 de chauffe. La parallèle à l'axe des ordonnées d'abscisse $t = 1$ heure 1/2 coupe les courbes en différents points; on cherche pour chaque point le coefficient angulaire de la tangente, c'est-à-dire la valeur de la vitesse de transformation du quartz en fonction de la température.

On refait la même opération pour une autre valeur de t, $t = 2$ heures, par exemple.

---

(4) Brevet français n° 491827.

(5) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1111.

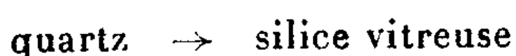
En prenant pour le coefficient angulaire de la tangente une unité arbitraire, on a les résultats suivants :

	Température.	Vitesse de transformation dq/dt.
Quartz pur chauffé 1 heure 1/2......	1630°	8
	1600	6,1
	1550	3,9
	1500	1,7
	1475	0,7
	1450	0
Quartz pur chauffé 2 heures........	1630	6,4
	1600	4,9
	1550	3,3
	1500	1,3
	1475	0,6
	1450	0

En portant sur un graphique la vitesse de transformation du quartz en fonction de la température (*fig.* 2) pour $t = 2$ heures ou pour $t = 1$ heure 1/2, on a une courbe qui coupe l'axe des températures en un point correspondant à une vitesse nulle, c'est-à-dire pour le point de fusion commençante du quartz. On trouve de cette manière 1460° C.

Les auteurs dont le chiffre se rapproche le plus du chiffre trouvé sont Fenner ([6]) et Cusack ([2]), qui donnent respectivement 1470° C. et 1456° C.

En résumé, on peut conclure que la transformation


quartz → silice vitreuse

est une transformation lente qui commence à 1460° C.

OPTIQUE. — *Application d'une nouvelle méthode pour étudier subjectivement le mélange des couleurs.* Note de M. **Vitomir Pavlovic**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans deux Notes antérieures ([1]) nous avons indiqué une nouvelle méthode pour l'étude subjective du mélange des couleurs. En modifiant l'interrupteur de Tesla employé dans l'appareillage que nous mettions en œuvre dans notre montage, nous avons pu obtenir un mélange des 63 combinaisons possibles (sans répétition) de 6 couleurs portées par des secteurs d'un disque unique : cet appareil avait été décrit dans une Note de l'Académie des Sciences de Serbie qui n'avait pu être imprimée. Nous l'avons perfectionné depuis : l'appareil est maintenant très simple et permet l'emploi d'une source de lumière blanche et de la lumière solaire elle-même.

([6]) *Z. anorg. Chem.*, 85, 1914, p. 133.

([1]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1636, et 205, 1937, p. 791.

Nous employons un disque tournant semblable au premier disque employé par Plateau dont une face est en regard d'un miroir plan. Ce disque porte des secteurs égaux peints avec les couleurs qu'on désire mélanger. Sur son pourtour se trouvent ménagées, à égale distance angulaire les unes des autres, des ouvertures en forme de fentes radiales *que l'on peut ouvrir ou fermer à volonté*, et à travers lesquelles on observe l'image du disque donnée par le miroir plan.

En combinant la disposition et le nombre des ouvertures, nous avons pu réaliser le mélange de toutes les combinaisons sans répétition des couleurs portées par les secteurs. Par exemple, avec 12 secteurs égaux on peut réaliser 4095 combinaisons, distinctes des 12 couleurs elles-mêmes que l'on mélange. Comme on le sait, l'œil n'est pas capable de distinguer toutes ces couleurs, mais l'expérience nous a montré que la variété, la richesse et la beauté des teintes sont frappantes.

En changeant la vitesse angulaire du disque, on peut, surtout dans le cas où deux ou trois fentes sont ouvertes, observer un nombre plus grand de nuances que celui indiqué par le calcul.

Bien entendu, on peut réaliser autrement l'observation du disque, de même que dans les expériences de Plateau. On peut, par exemple, monter le disque portant les secteurs colorés et un autre disque portant les ouvertures sur un même arbre, ou bien les faire tourner à l'aide de deux moteurs synchrones : on peut, de la sorte, montrer ces expériences en projection.

OPTIQUE. — *Variation en fonction de la concentration de la dépolarisation produite par des suspensions cristallines.* Note ([1]) de M. **Augustin Boutaric** et Mlle **Paulette Berthier**, présentée par M. Jean Becquerel.

Un faisceau de lumière polarisée se dépolarise partiellement en traversant une suspension cristalline. Le phénomène peut être étudié en recevant le faisceau transmis par un nicol polarisateur et tamisé par une gélatine colorée ($\lambda = 520\ m\mu$) sur un photopolarimètre de Cornu réglé de manière qu'en l'absence de suspension dépolarisante, les deux images fournies par le prisme biréfringent soient éteintes par le nicol analyseur. Si l'on introduit sur le trajet du faisceau une cuve à faces parallèles contenant la suspension à étudier, il faut faire tourner le nicol analyseur d'un certain angle α pour égaliser la brillance des deux images. En désignant par I et i les intensités des vibrations transmises par la cuve parallèlement et perpendiculairement à la vibration incidente, le coefficient de dépolarisation du faisceau transmis est

$$\rho = \frac{i}{I} = \mathrm{tg}^2 \alpha.$$

D'après Procopiu ([2]) l'angle α serait proportionnel au produit cl de la

([1]) Séance du 14 octobre 1946.

([2]) *Thèse*, Paris, 1924, p. 61.

concentration de la suspension par l'épaisseur de la cuve, c'est-à-dire proportionnel au nombre de particules rencontrées par le faisceau.

C'est ce point particulier qu'il nous a paru intéressant d'examiner en faisant varier dans de grandes limites la concentration c et l'épaisseur l. Dans ces conditions, on constate que la proportionnalité indiquée ne se vérifie nullement et ne peut même pas être considérée comme valable en première approximation. Voici, à titre d'exemple, les valeurs de α/cl fournies par des suspensions de quartz dans une solution de silicate de soude ($d_{15°} = 1,332$) et de bentonite naturelle dans l'eau pour quelques concentrations c en grammes pour 100^{cm^3}.

	Quartz.			Bentonite.		
l. c...	1.	2.	3.	0,25.	1,5.	2.
0,4 cm	26,6	19,4	20,0	22,5	22,3	24,0
0,6	25,3	17,9	19,4	24,0	23,6	20,8
0,8	24,5	17,7	14,6	25,0	21,9	19,5
1	19,4	17,1	14,0	28,0	19,3	17,2
2	14,7	14,4	7,7	24,0	13,5	–
3	9,0	9,8	–	23,0	–	–
10	–	–	–	16,7	–	–

Pour comparer des suspensions de diverses natures, il conviendrait d'opérer dans une cuve d'épaisseur déterminée ($l = 3^{cm}$) sur des suspensions de concentrations croissantes, à partir de valeurs aussi faibles que possible, et d'extrapoler les valeurs expérimentales de α/cl ainsi calculées jusqu'à une concentration nulle.

En multipliant ces valeurs par la densité D on obtient l'expression α/vl où v désigne le volume total de la matière en suspension dans 100^{cm^3} de liquide. Voici quelques-unes de ces valeurs :

	lim(α/cl).	lim(α/vl).
Calcite	37,5	101,6
Quartz	25,2	66,8
Bentonite	24,2	65,3
Barytine	15,6	71,8

OPTIQUE. — *Étude comparative de l'absorption ultraviolette des solutions de nitrate de potassium dans l'eau ordinaire et dans l'eau lourde.* Note [1] de Mme **Jacqueline Darmois**, transmise par M. Jean Cabannes.

Après l'étude du spectre ultraviolet des halogénures alcalins [2], j'ai entrepris un travail analogue sur le nitrate de potassium qui présente une bande d'absorption entièrement située dans l'ultraviolet moyen [3]. J'ai étudié comparativement l'absorption de ses solutions dans l'eau ordinaire et dans l'eau lourde.

[1] Séance du 14 octobre 1946.
[2] J. Doucet, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 996; **216**, 1943, p. 198, et **220**, 1945, p. 196.
[3] Halban et Eisenbrand, *Zeits. phys. Chem.*, A, **132**, 1928, p. 401.

J'ai déterminé entre 2600 et 3300 Å, et à la température de 20° C., les coefficients d'extinction et les coefficients d'extinction moléculaires ε des solutions dans H_2O de titres 2, 1, 0,20, 0,10 et 0,01 mol-g au litre. Pour les solutions dans l'eau lourde, j'ai dû me limiter aux solutions de concentrations 2N, N et 0,20 N (les solutions plus diluées nécessitant pour les mesures une trop grande quantité d'eau lourde) que j'ai étudiées dans le même domaine spectral.

Le nitrate de potassium a été préalablement purifié par cristallisations troublées successives; les titres des solutions sont déterminés par pesées. Les solutions dans l'eau lourde sont préparées à l'abri de l'air atmosphérique à l'aide d'un dispositif déjà décrit ([4]).

La méthode utilisée est la spectrophotométrie photographique, avec un montage en lumière approximativement parallèle. A l'aide d'une cuve coulissante de Baly, j'ai étudié des épaisseurs comprises entre $0^{mm},5$ et 8^{cm}.

Pour les solutions dans l'eau ordinaire, les valeurs de ε sont les suivantes :

	C				
	2N.	1N.	N/5.	N/10.	N/100.
λ (Å).	ε	ε	ε	ε	ε
3300......	0,65	–	–	–	0,68
3245......	1,59	1,60	1,61	1,62	1,66
3175......	3,90	3,95	3,95	3,96	3,97
3100......	6,12	6,15	6,30	6,34	6,38
3070......	6,56	6,60	6,75	6,80	6,84
3000......	6,82	6,95	7,15	7,17	7,25
2960......	6,70	6,75	6,85	6,87	6,92
2875......	5,24	5,30	5,32	5,35	5,40
2800......	3,67	3,70	3,74	3,76	3,81
2730......	2,40	2,46	2,49	2,52	2,59
2650......	1,49	1,53	1,54	1,55	1,58
2600......	1,56	1,55	1,54	1,54	1,54

Les coefficients relatifs aux solutions dans l'eau lourde sont donnés par le tableau suivant :

	C		
	2N.	1N.	1/5N.
λ (Å).	ε	ε	ε
3245......	1,18	1,19	1,22
3175......	3,32	3,35	3,39
3100......	5,52	5,56	5,64
3070......	6,18	6,22	6,28
3000......	6,70	6,74	6,80
2960......	6,62	6,64	6,69
2875......	5,44	5,45	5,50
2800......	3,82	3,85	3.88
2730......	2,59	2,60	2,62
2650......	1,58	1,59	1,61
2600......	1,50	1,50	1,49

([4]) J. Doucet, *Thèse*, Paris, 1944.

En traçant les courbes $\varepsilon = f(\lambda)$, on constate que, pour une concentration en nitrate déterminée, lorsqu'on passe comme solvant de l'eau ordinaire à l'eau lourde, la bande d'absorption se déplace vers les courtes longueurs d'onde et se rétrécit légèrement, de manière que le bord qui la limite du côté des grandes longueurs d'onde se déplace dans l'ultraviolet plus que le bord relatif aux courtes longueurs d'onde; en outre, l'absorption générale est légèrement plus faible dans le cas des solutions dans D_2O pour lesquelles la bande est moins intense.

Ces faits, analogues à ceux présentés par les solutions d'halogénures alcalins, peuvent certainement s'expliquer encore par la différence des énergies de zéro des molécules H_2O et D_2O et par des considérations d'encombrement stérique pour les amas formés par l'ion NO_3^- et les molécules d'eau annexées.

Pour les deux sortes de solutions, la loi de Beer est en défaut. Quand la concentration C augmente, ε diminue et la bande se rétrécit en se déformant légèrement de manière que la longueur d'onde λ_M correspondant au maximum ε_M se déplace vers l'ultraviolet comme le montre le tableau suivant :

Solutions dans H_2O.			Solutions dans D_2O.		
C.	λ_M.	ε_M.	C.	λ_M.	ε_M.
2 N..........	3012	6,84	2 N..........	2991	6,71
1 N..........	3019	6,97	1 N..........	2996	6,76
N/5..........	3024	7,18	N/5..........	3001	6,82
N/10.........	3025	7,20			
N/100........	3026	7,26			

De même que pour les solutions d'halogénures alcalins, ces résultats peuvent certainement s'interpréter dans la théorie de la solvatation des ions.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre d'absorption du cholestérol dans l'ultraviolet compris entre* 2223 *et* 1969 Å. Note (¹) de M. **René Truhaut** et Mlle **Marie Théodoresco**, présentée par M. Aimé Cotton.

La Note que nous présentons ici constitue un préliminaire à l'étude du spectre d'absorption dans l'ultraviolet de composés définis retirés de l'organisme humain normal ou pathologique.

Nous sommes partis d'un cholestérol déjà très pur (point de fusion 145°) obtenu par saponification du dérivé acétylé. Nous avons fait cristalliser, d'abord dans l'éther anhydre, puis à cinq reprises dans l'alcool éthylique absolu et, enfin, une dernière fois dans l'éther anhydre.

Le point de fusion instantané, au bloc Maquenne, du cholestérol ainsi purifié, est de 146°,5. Son pouvoir rotatoire en solution à 2 % dans le chloroforme et à la température de 20° C. est $[\alpha_D]$ — 38°.

Les solutions les plus concentrées que nous avons utilisées ont été de $0^g,1$ de cholestérol pour 52^g d'alcool. Afin de voir si la loi de Beer est vérifiée, nous

(¹) Séance du 14 octobre 1946.

avons choisi quatre concentrations différentes dans le rapport successif de 10.

Nous avons utilisé la méthode de spectrophotométrie photographique et une cuve de $0^{cm},5$ d'épaisseur. Les enregistrements microphotométriques ont été faits avec un microphotomètre Chalonge à cellule photoélectrique. La précision de cet appareil est faible pour les grandes densités. Nous donnons donc nos résultats avec les réserves qui s'imposent.

Les spectres ont été étudiés, aux approches de leur limite, entre 2223 et 1969 Å. Au delà de 2223 Å nous n'avons d'ailleurs observé aucune bande d'absorption, ce qui cadre avec les conclusions de E. M. Koch, F. C. Koch et H. B. Lemon (2) qui attribuent les bandes signalées vers 2940 et 2790 Å par F. C. Schultz et M. R. Ziegler (3) et par Heilbronn, Kamm et Morton (4), à des impuretés.

Les valeurs des coefficients d'absorption sont données en fonction de la concentration et de la longueur d'onde. Une seule mesure a été faite à l'aide d'une légère extrapolation, celle de $K = 2,08$.

Il nous a paru inutile de calculer les coefficients d'extinction moléculaire $\varepsilon_m = k/C_m$, où C_m est le nombre de molécules-gramme par litre de solution, étant donné que nous sommes en mesure de vérifier la validité ou la non-validité de la loi de Beer sans avoir recours à des calculs.

En posant $\varepsilon_m = k/C_m = k/AC'$, avec A étant une constante et C' une variable qui prend successivement les valeurs : 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3} et 10^{-4}, nous obtenons tout de suite les valeurs relatives de ε_m en considérant le tableau donné. Si l'on divise successivement par 10 les valeurs de k d'une même colonne de haut en bas on a, au facteur constant A près, les valeurs des coefficients d'extinction moléculaire.

En conclusion, le tableau ci-dessus montre que :

1° La loi de Beer n'est pas vérifiée;

2° Pour une longueur d'onde déterminée, le coefficient d'extinction croît avec la concentration. Son accroissement, quand la longueur d'onde diminue, faible pour les concentrations $C' = 10^{-4}$ et 10^{-3}, devient aussitôt considérable pour les concentrations $C' = 10^{-2}$ et 10^{-1}.

Cholestérol en solution dans l'alcool. — Coefficients d'extinction, $k = \frac{1}{l} \log_{10} \frac{I_0}{I}$.

Concentrations (cg/g).	Longueurs d'onde (Å).														
	2223.	2208.	2193.	2177.	2163.	2148.	2134.	2120.	2105.	2091.	2078.	2065.	2052.	2040.	2029.
10^{-1}.....	0,40	0,52	0,64	0,94	1,34	2,08	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10^{-2}.....	–	–	0,16	0,20	0,28	0,36	0,48	0,60	0,78	0,96	1,18	1,40	1,60	1,80	–
10^{-3}.....	–	–	0,12	0,12	0,14	0,15	0,16	0,18	0,22	0,24	0,27	0,29	0,32	0,34	0,37
10^{-4}.....	–	–	0,1	0,11	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21	0,23	0,24	0,26

Concentrations successives (en g) : 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4} dans 5^g2 d'alcool.

(2) *J. Biol. Chem.*, 1929, **85**, pp. 159-167.

(3) *J. Biol. Chem.*, 1926, **69**, pp. 415-419.

(4) *Biochem. J.*, 1927, **21**, p. 78.

3° Pour chaque concentration, le coefficient d'extinction croît régulièrement quand la longueur d'onde diminue;

4° L'effet de concentration sur la limite du spectre du côté des petites longueurs d'onde est considérable quand C′ passe de la valeur 10^{-3} à la valeur 10^{-1}.

Le spectre est limité pour

C′........	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
vers.......	2.118	2.018	1.978	1.969 Å

On constate une différence de 100 Å entre les limites des spectres correspondant aux concentrations $C' = 10^{-1}$ et 10^{-2}.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres des décharges électriques très condensées dans l'ultraviolet. Comparaison avec les luminosités obtenues par rencontre d'ondes de choc.* Note de MM. **Henri Muraour, Jacques Romand** et **Boris Vodar**, présentée par M. Jean Cabannes.

MM. Muraour et Michel-Lévy ont montré que les spectres émis dans les rencontres d'ondes de choc sont principalement continus, et que dans l'argon, la luminosité, surtout dans l'ultraviolet, est beaucoup plus intense que dans d'autres gaz (He, N_2, O_2, etc.) (1).

Ce travail a pour but une comparaison de ces spectres avec les spectres continus intenses qui sont obtenus par décharge d'un condensateur très puissant (2), (3) et dont l'origine est le freinage des électrons par les ions positifs.

Nous disposions d'une batterie de condensateurs d'une capacité totale de 3,75 µF pouvant être chargée sous 40000 V, et déchargée à travers une résistance de 10 Ω et un éclateur à écartement réglable dans le tube capillaire en pyrex (longueur, 50mm; diamètre, 1mm) d'une lampe remplie d'un gaz (air, N_2, H_2, He, A) sous une pression variant de 2 à 80mm de Hg. On observait la décharge en bout à travers une fenêtre de quartz. L'image du capillaire était projetée sur la fente d'un spectrographe à optique de quartz (Hilger E31) à l'aide d'un achromat. Une seule décharge sous 14000 V impressionne fortement la plaque jusqu'à 1850 Å. Une lampe à hydrogène servait d'étalon de répartition spectrale de l'énergie (4), la gradation était faite au moyen de grilles. On a vérifié directement que les erreurs dues à l'effet d'intermittence sur la plaque photographique sont restées faibles (1), (5). L'ensemble de nos mesures peut se résumer comme suit :

(1) A. Michel-Lévy, H. Muraour et E. Vassy, *Rev. Opt.*, **149**, 1941, p. 160.
(2) E. Hahn et W. Finkelburg, *Zeits. Physik.*, **122**, 1944, pp. 39-49.
(3) J. A. Anderson, *Astrophys. J.*, **75**, 1932, p. 394.
(4) G. Dejardin et D. Cavassilas, *Cah. Phys.*, 1941, pp. v-49.
(5) M. Laporte, *Journ. de Phys.*, **6**, 1945, pp. 164-170.

1° L'émission lumineuse en intensité et en répartition énergétique spectrale (entre 2200 et 4000 Å) ne dépend ni de la pression ni du gaz (à ± 5 %) étant en particulier la même pour l'argon et pour l'hélium, si différents au point de vue des luminosités d'ondes de choc.

2° La valeur de $\partial E/\partial\nu$ reste constante (à ± 5 %) entre 4000 et 3000 Å, puis décroît jusqu'à la limite de nos déterminations, c'est-à-dire 2200 Å, étant environ 2,5 fois plus faible à cette longueur d'onde qu'à 3000 Å.

Quelques conclusions découlent de ces résultats. Indiquons-les brièvement :

1° Dans le cas de la décharge condensée, nous voulons attirer l'attention sur l'invariance de l'émission avec la pression du gaz; nous pensons qu'elle est due aux caractéristiques électriques mêmes de la décharge. En effet, l'émission du spectre continu est due aux interactions des ions positifs et des électrons. Le nombre de ceux-ci (et donc celui des ions positifs) ne doit dépendre que des conditions électriques de la décharge (courant, potentiel, constante de temps). Or, sous haute tension, une fois la décharge amorcée, tant que l'émission du spectre continu et par suite l'ionisation sont fortes, le potentiel aux bornes de la décharge est faible, et les conditions électriques sont sensiblement indépendantes de la pression dans le tube. L'émission lumineuse ne pourrait donc varier que si les interactions mêmes qui lui donnent naissance manquaient à se produire (par exemple sous basse pression où le rôle des parois est prépondérant).

Entre 3000 et 4000 Å notre courbe de répartition spectrale de l'énergie prolonge celle de Hahn et Finkelburg ([2]), et vérifie par conséquent la théorie de Unsöld ([6]). Bien que cette théorie suppose en général un équilibre thermique vrai, la constance de $\partial E/\partial\nu$ en fonction de ν en découle, même si la température des électrons est différente de celle des atomes. Il n'est donc pas étonnant qu'elle s'applique ici.

Quant à la décroissance de $\partial E/\partial\nu$ en dessous de 3000 Å, pour l'expliquer on pourrait, avec Unsöld, admettre que $h\nu$ étant alors de l'ordre de grandeur du travail d'ionisation, la théorie ne s'applique plus parfaitement. Mais on devrait observer alors les propriétés individuelles des divers gaz, ce qui ne correspond pas à la réalité.

2° Pour expliquer le comportement extrêmement différent des luminosités des ondes de choc et des décharges condensées, il suffirait que la température dans l'onde de choc variât suivant les gaz pour un même explosif; cette température dépend pour un même rapport de compression de la chaleur spécifique du gaz. Mais, même en tenant compte des énergies d'ionisation, cela ne suffit pas pour interpréter les résultats relatifs à l'argon et à l'hélium, qui donnent des luminosités très différentes. Il faut tenir compte de la fraction de

---

([6]) *Ann. Phys. Leipzig*, **331**, 1938, p. 607.

l'énergie cédée à l'onde par l'explosif; d'après une théorie de Jouguet ([7]) cette fraction croît avec la densité du gaz, et ainsi, sans rien préjuger du mécanisme de l'émission, on retrouve qualitativement les résultats expérimentaux. Toutefois la courbe de répartition spectrale de l'énergie ([1]) des rencontres d'ondes de choc dans l'argon, transformée en $\partial E/\partial \nu$, ne contredit pas trop la théorie de Unsöld; elle monte lentement de 6000 à 3000 Å, restant très voisine de celle de l'étincelle sous l'eau. Il n'est donc pas exclu que le mécanisme de l'émission dans les rencontres d'ondes de choc soit un freinage électronique, mais d'autres expériences sur les ondes de choc et sur les étincelles condensées sont indispensables pour formuler une conclusion sûre.

PHOSPHORESCENCE. — *Remarque sur la variation avec le temps du spectre de phosphorescence du néon.* Note ([1]) de M. **Louis Herman**, présentée par M. Jean Cabannes.

La phosphorescence des gaz rares a été peu étudiée jusqu'ici. Kenty avait montré qu'elle résultait d'une combinaison des ions et électrons dans le cas de l'argon excité par une décharge à bas voltage ([2]). La comparaison des spectres de la décharge et de la recombinaison montre que dans ce dernier les raies correspondant aux niveaux atomiques élevés augmentent d'intensité relative. Ce rehaussement peut, dans certaines conditions expérimentales, se poursuivre pendant la phosphorescence ([3]),

Dans la présente Note j'exposerai les principaux résultats obtenus pour le néon à l'aide du phosphoroscope de P. Lejay ([4]).

Dans la partie verte du spectre on observe un phénomène analogue à celui cité plus haut pour l'argon. La comparaison du spectre obtenu au début, environ 3.10^{-4} sec après l'arrêt de la décharge, et du spectre photographié environ 7.10^{-4} sec plus tard, permet de constater une exaltation des raies $(p-s')$ par rapport aux raies $(p-d)$. Ainsi, dans le vert, l'excitation apparente semble croître au cours de la phosphorescence.

La grande intensité de la luminescence permet de poursuivre l'observation pendant 10^{-2} sec environ. J'ai pu ainsi mettre en évidence une évolution inattendue du spectre en sens opposé : l'intensité relative du spectre rouge, composé surtout de raies $(s-p)$ *de faible excitation*, se trouve considérablement augmentée avec le temps. La reproduction ci-dessous illustre les résultats obtenus. Dans les spectres *a*, émis au début de la phosphorescence, les raies vertes et bleues sont encore intenses alors qu'au bout de 5.10^{-3} sec

([7]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, pp. 1225-1229.

([1]) Séance du 7 octobre 1946.

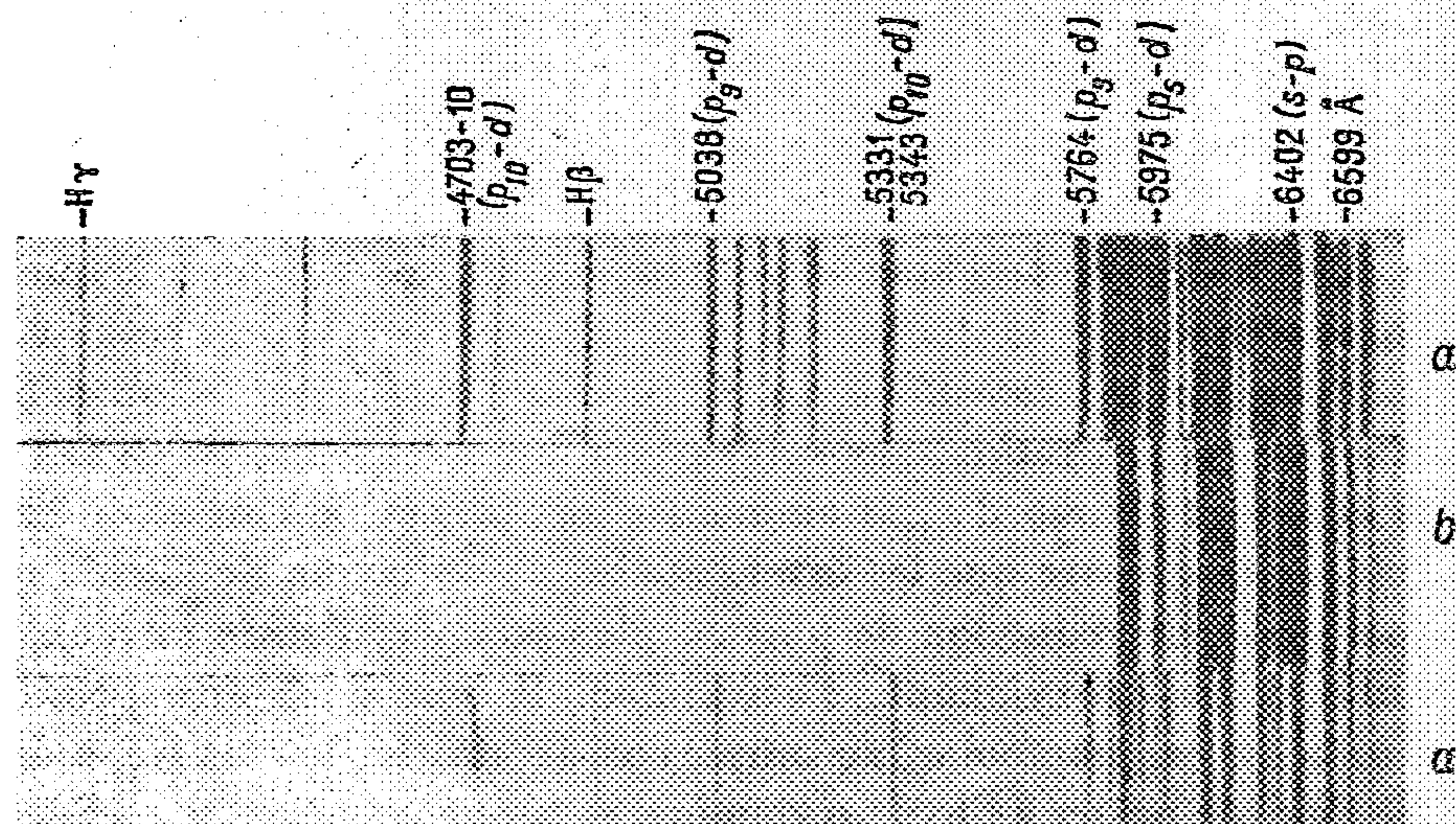
([2]) *Physical Review*, **32**, 1928, p. 624.

([3]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 23.

([4]) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 69.

(spectre *b*) les raies rouges, correspondant à une excitation inférieure, sont pratiquement seules présentes. Ces dernières subissent en même temps des modifications sensibles :

1° les raies $(p-d)$, peu nombreuses, disparaissent, comme la raie 5764 Å $(2p_9-4d_4)$;



2° les raies provenant du niveau supérieur p_8 semblent diminuer également en intensité;

3° certaines raies, comme 5852 Å et 6402 Å, ont une intensité relative anormalement grande sans que l'ensemble des raies provenant du même niveau supérieur manifeste un accroissement parallèle.

Une étude photométrique de l'émission décrite a été effectuée à l'aide du photomètre sans écran diffusant de Fabry et Buisson. Un filtre rouge permet de suivre la décroissance de l'intensité lumineuse des raies $(s-p)$ jusqu'à 10^{-2} sec environ. En traçant la courbe qui donne l'inverse de la racine carrée de l'intensité en fonction du temps, on constate que l'on a sensiblement une droite à partir de 3.10^{-3} sec; pour les temps inférieurs, plus près de la décharge, les écarts systématiques de la droite proviendraient surtout de la diminution du coefficient de recombinaison avec l'accroissement de la vitesse des électrons.

Il semble que l'on ait affaire à une émission par recombinaison aussi bien au début qu'à la fin de la phosphorescence. Les modifications observées dans le spectre résulteraient de la superposition de deux effets : l'un consistant dans l'accroissement de la population des niveaux élevés lorsque la vitesse moyenne des électrons décroît avec le temps; l'autre, dans le mécanisme, souvent compliqué, de l'émission par descente en cascade. Ainsi, dans le cas du néon, lorsque la vitesse des électrons diminue, les raies $(p-d)$ disparaissent au bénéfice des raies $(p-s')$, mais l'état final étant le même dans les deux cas, les raies rouges $(s-p)$ subissent moins de variation que les raies à niveaux plus élevés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'oxydation de l'ammoniac fixé sur le charbon activé.* Note ([1]) de MM. Clément Courty et Louis Rougeot, présentée par M. Paul Pascal.

L'un de nous a montré que l'oxygène, fixé sur le charbon de noix de coco activé à la vapeur d'eau et au gaz carbonique, n'était pas entièrement à l'état moléculaire et que, en conséquence, le charbon actif lui conférait des propriétés oxydantes qu'il n'avait pas lorsqu'il était libre à l'état gazeux ([2]).

Ces propriétés, mises en évidence à l'aide de l'anhydride arsénieux, se manifestent aussi à l'égard de l'ammoniac. On sait, depuis longtemps, que le gaz ammoniac absorbé par le charbon ne peut pas être récupéré en totalité. Même en tenant compte de la *retentivité* du charbon, on trouve encore un déficit très important à la récupération. Nous avons pensé que la cause de ce fait expérimental était l'oxydation du gaz ammoniac au contact de l'air et du charbon. Il est classique d'écrire que les divers stades de réduction de l'acide nitrique sont, par ordre de réduction de plus en plus poussée, l'acide nitreux, l'acide hyponitreux, l'hydroxylamine, l'ammoniac. Il doit donc être possible par l'oxydation du gaz ammoniac, au simple contact du charbon activé et de l'oxygène de l'air, de passer à l'hydroxylamine, et peut-être même aux acides hyponitreux et nitreux.

L'expérience a confirmé nos vues, en ce qui concerne l'hydroxylamine et l'acide nitreux.

Le gaz ammoniac bien desséché a été absorbé par le charbon, soit par voie dynamique, en faisant lécher le charbon par le gaz, soit par voie statique (simple contact) à la température ordinaire. Par voie dynamique, un gramme du charbon expérimenté a absorbé $0^{g},084$ d'ammoniac au bout d'une heure, à la pression de 752^{mm} de mercure, et, par voie statique, $0^{g},070$ sous 705^{mm} de pression, à l'équilibre. Dans ce dernier cas, la vitesse d'absorption passe de 14^{cm^3} de gaz par seconde, au début, à $0^{cm^3},003$ par seconde et par gramme, à la fin. La température ne s'élève guère au delà de 45°C. dans le solide.

Le charbon, une fois saturé de gaz et abandonné à l'air, a perdu toute odeur ammoniacale au bout de 3 heures et, dès cet instant, a augmenté de poids malgré l'absence d'humidité et de gaz carbonique dans l'air qui l'entourait.

Cette augmentation de poids, de l'ordre de quelques milligrammes par gramme au bout de 5 heures, est certainement due à l'absorption de l'oxygène atmosphérique. En effet, 8 heures après l'absorption d'ammoniac et l'exposition à l'air, l'eau de lavage du charbon manifeste très nettement les propriétés réductrices de l'hydroxylamine. Elle réduit la solution aqueuse de permanganate de potassium, décolore l'eau iodée, réduit le nitrate d'argent ammo-

([1]) Séance du 14 octobre 1946.

([2]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 832; **221**, 1945, p. 27.

niacal et le chlorure d'or, et donne un précipité rouge avec le sulfate de cuivre ammoniacal et la liqueur de Fehling.

Le charbon ammonié, oxydé à l'air et épuisé par l'alcool, a laissé déposer, après évaporation des solvants, des lamelles cristallines parfaitements visibles à un faible grossissement, alors que l'épuisement à l'éther, qui ne dissout pas l'hydroxylamine, n'a laissé aucun résidu cristallin.

Si l'on prolonge de plusieurs jours l'exposition à l'air pur et sec du charbon ammonié, l'eau de lavage n'a plus les propriétés de l'hydroxylamine, mais celles du nitrite d'ammonium.

Si, maintenant, on mouille le charbon après l'avoir saturé d'ammoniac et que, une fois encore, on l'expose à l'air, on constate la même évolution, mais considérablement accélérée. En particulier, au bout de 24 heures, il n'y a déjà plus d'hydroxylamine, mais du nitrite. C'est un fait général, en effet, que l'eau catalyse les réactions d'oxydation.

Les constatations qui précèdent peuvent être suivies dans leur évolution avec une solution d'iode que l'on titre par l'hyposulfite, avant son contact avec l'eau d'épuisement du charbon ammonié, puis après. La différence de titre est très nette, et met en évidence la formation d'hydroxylamine.

Quant au nitrite, on le met en évidence sur l'eau d'épuisement du charbon ammonié, longuement exposé à l'air, à l'aide d'une solution d'iodure de potassium; cette fois, c'est l'iode qui est libéré.

Nos expériences ont porté sur le charbon de noix de coco activé, et sur le charbon dit *filé*, c'est-à-dire du charbon de bois pulvérisé, mêlé à des goudrons, de manière à en faire une pâte, que l'on passe à la filière et que l'on active ensuite. Les résultats expérimentaux ont été les mêmes qualitativement.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Structure moléculaire des phényluréthanes.* Note de M. **Maurice Séguin**, présentée par M. Paul Pascal.

L'action des alcools ROH sur l'isocyanate de phényle $C_6H_5-N=C=O$ donne naissance aux phényluréthanes. Les chimistes organiciens attribuent à ces corps la structure



c'est-à-dire qu'ils les considèrent comme des éthers-sels de l'acide



Nous avons mesuré la susceptibilité moléculaire de quelques phényluréthanes sous forme cristalline (voir tableau ci-après). La précision des mesures est de 1,5 %. Les calculs ont été effectués en utilisant la systématique de Pascal, le corps de référence étant l'eau bi-distillée de susceptibilité spécifique

$$k_s = -0,72.10^{-6}.$$

Phényluréthanes.	$10^6 k_m$ calculé (1).	$10^6 k_m$ calculé (2).	$10^6 k_m$ mesuré.
α-éthylcyclopentanol *cis*	155,42	154,17	154,8
α-propylcyclopentanol *cis*	167,28	166,03	166,0
» *trans*	167,28	166,03	166,2
α-isopropylcyclopentanol *cis*	167,28	166,03	166,0
» *trans*	167,28	166,03	166,0
α.α′-dipropyl *cis.cis*-cyclopentanol *trans*	202,86	201,61	202,0
o-cyclopentylcyclopentanol *trans*	185,54	184,29	185,1
Cyclohexanol	140,56	139,31	140,5
o-éthylcyclohexanol *cis*	164,28	163,03	163,9
» *trans*	164,28	163,03	163,8
o-propylcyclohexanol *cis*	176,14	174,89	175,2
» *trans*	176,14	174,89	175,4
o-isopropylcyclohexanol *cis*	176,14	174,89	175,1
» *trans*	176,14	174,89	175,2
p-isopropylcyclohexanol *cis*	176,14	174,89	175,4
» *trans*	176,14	174,89	175,1
o-butylcyclohexanol *cis*	188,00	186,75	186,3
p- » *trans*	188,00	186,75	186,2
p-pseudobutylcyclohexanol *cis*	188,00	186,75	186,5
» *trans*	188,00	186,75	186,5
o-cyclopentylcyclohexanol *cis*	194,00	192,75	193,5
o-cyclohexylcyclohexanol *cis*	202,86	201,61	203,6
» *trans*	202,86	201,61	203,4

Pour calculer *a priori* la susceptibilité moléculaire, dans l'hypothèse de la structure (I), nous avons pris pour susceptibilité atomique des deux oxygènes $k(O_2) = -7,95 . 10^{-6}$, comme pour ceux d'un éther-sel.

Mais on s'est demandé sur laquelle des deux doubles liaisons C=N ou C=O de l'isocyanate de phényle s'additionne l'alcool ROH.

La formule classique (I) laisse croire que la réaction porte uniquement sur la double liaison C=N. Mais ne serait-il pas plus logique d'admettre que la réaction primaire, tout au moins en grande partie, intéresse la double liaison C=O, ce qui donnerait aux phényluréthanes la structure

(II) 

En effet, la double liaison C=O est généralement plus réactive que la double liaison C=N; l'hydrogène est plus mobile à l'oxygène qu'à l'azote; de plus le radical phényle, par sa position, favorise la fixation de l'hydrogène sur l'oxygène.

La susceptibilité moléculaire des structures (II) a été calculée en prenant $k(O) = -4,6 . 10^{-6}$ pour susceptibilité atomique de chacun des deux atomes d'oxygène simplement liés aux atomes voisins. Il est à noter que la liaison C=N ne doit pas faire intervenir l'incrément paramagnétique $+8,15 . 10^{-6}$ qu'il

fournit dans les groupements non oxygénés, pas plus que la double liaison voisine de l'oxygène n'apporte d'incrément diamagnétique. Le même phénomène se produit d'ailleurs dans l'urée



Dans notre structure développée (II), l'oxygène reliant les deux atomes de carbone joue en effet un rôle comparable à celui de l'azote du groupement NH_2 de l'urée, ce qui est tout à fait justifiable, du fait que ces deux éléments, O et N, ont un volume atomique voisin et le même nombre d'électrons π.

Or, aux erreurs d'expérience près, les calculs (1) et (2) fournissent des valeurs compatibles avec celles trouvées expérimentalement.

En définitive, notre opinion est que, lors de la formation des phényluréthanes, la réaction qui se produit en solution peut aboutir à un équilibre entre les structures (I) et (II). Pendant la cristallisation, l'une des deux formes (et cette forme est sans doute différente avec les différentes phényluréthanes) disparaît au profit de l'autre, comme le veut la règle des phases.

Remarques. — 1° Il serait inexact de prendre pour le groupement CNO la valeur que Pascal (2) indique pour le radical acide des cyanates et des isocyanates ($-18{,}95$ à $-19{,}20.10^{-6}$). Nous trouverions, par exemple, pour la susceptibilité moléculaire de la phényluréthane du cyclohexanol : $k_m = -143{,}36$ à $-143{,}61.10^{-6}$. La raison en est que, dans le groupement cyanique, deux doubles liaisons coexistent, alors que, dans les phényluréthanes, il n'en reste plus qu'une seule;

2° La magnétochimie montre de façon péremptoire que l'oxygène du groupement C=O (structure I) n'est pas cétonique ou aldéhydique, car il compterait alors pour $+1{,}75.10^{-6}$ (l'autre pour $-4{,}6.10^{-6}$), et nous aurions, par exemple, pour la phényluréthane du cyclohexanol : $k_m = -134{,}21.10^{-6}$, valeur très différente du chiffre expérimental;

3° Aux erreurs d'expérience près, nous n'avons pas trouvé de différence entre la susceptibilité moléculaire des isomères *cis* et *trans*.

EFFET RAMAN. — *Identification et étude par spectrographie Raman d'une combinaison d'addition moléculaire à pont hydrogène entre l'aldéhyde* para-*cyclohexylbenzylique et le phénol.* Note de MM. **Félix-Jean Taboury** et **René Thomassin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les cétones, en général, sont susceptibles de se combiner par addition avec les phénols par développement d'un pont hydrogène aux dépens des deux

(1) Pascal et Pacault, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 599.
(2) *Ibid.*, 176, 1923, p. 1887.

fonctions des molécules réagissantes. L'étude en est particulièrement facile par spectrographie Raman, entre autres procédés. Il nous a paru intéressant de voir si les aldéhydes, qui possèdent aussi un carbonyle, sont également susceptibles de fournir des combinaisons d'addition moléculaires à pont hydrogène. Nous avons commencé cette étude avec l'aldéhyde *para*-cyclohexylbenzylique que l'un de nous utilise par ailleurs à d'autres fins ([1]). Le caractère légèrement électronégatif du radical cyclohexyle ([2]) confère en effet à l'oxygène du carbonyle aldéhydique une activité locale un peu moins grande que dans le cas des aldéhydes ordinaires. Nous avons voulu rechercher si, même dans ce cas, une combinaison était possible avec le phénol.

L'étude des spectres Raman de l'aldéhyde et de ses mélanges avec le phénol dans les proportions moléculaires suivantes : aldéhyde 1, phénol 1 ; aldéhyde 1, phénol 2; aldéhyde 1, phénol 3, nous a montré qu'il en est bien ainsi. Ces spectres sont groupés ci-dessous (nombres d'ondes en cm^{-1}), (excitation e ou k).

Aldéhyde para-*cyclohexylbenzylique*. — 351 (e) 1, 438 (e) 2, 628 (e, k) 3, 655 (e, k) 2, 764 (e, k) 3, 794 (e) 1, 822 (e, k) 3, 841 (e, k) 2, 868 (e) 2, 895 (e) 2, 1003 (e) 3, 1031 (e) 1, 1047 (e) 1, 1130 (e) 1, 1169 (e, k) 8, 1200 (e, k) 2, 1212 (e, k) 2, 1426 (e) 1, 1448 (e) 1, 1578 (e) 1, 1605 (e, k) 10, 1702 (e) 8.

Aldéhyde para-*cyclohexylbenzylique* 1, *phénol* 1. — 233 (e) 3, 335 (e) 2, 530 (e) 2, 618 (e) 2, 628 (e) 3, 655 (e) 2, 766 (e) 2, 820 (e) 5, 843 (e) 2, 1000 (e) 5, 1024 (e) 3, 1052 (e) 2, 1080 (e) 2, 1133 (e) 1, 1169 (e) 8, 1201 (e) 2, 1212 (e) 2, 1573 (e) 1, 1590 (e) 1, 1605 (e) 10, 1687 ± 15 (e) 5.

Aldéhyde para-*cyclohexylbenzylique* 1, *phénol* 2. — 246 (e) 3, 533 (e) 2, 618 (e) 1, 625 (e) 1, 662 (e) 1, 763 (e) 1, 821 (e) 4, 841 (e) 1, 865 (e) 1, 1002 (e, k) 4, 1028 (e) 2, 1173 (e) 5, 1197 (e, k) 1, 1215 (e, k) 1, 1573 (e, k) 3, 1593 (e) 1, 1605 (e, i, k) 10, 1676 (e, k) 4, 1691 (e) 4.

Aldéhyde para-*cyclohexylbenzylique* 1, *phénol* 3. — 246 (e) 3, 530 (e) 2, 622 (e) 2, 655 (e) 1/2, 725 (e) 1/2, 766 (e) 1, 813 (e) 4 large, 998 (e) 5, 1024 (e) 3, 1173 (e) 8, 1190 (e) 1, 1204 (e) 1, 1571 (e) 1, 1593 (e) 2, 1605 (e) 10, 1676 (e) 4, 1691 (e) 4.

Phénol (tables) — 242 (5), 306 (1/2), 531 (6), 617 (4), 756 (3), 810 (10 large), 827 (3), 1000 (10), 1013 (0), 1025 (7), 1070 (1), 1155 (3), 1169 (4), 1253 (3 large), 1428 (1/2), 1595 (5), 1605 (5).

On remarquera tout particulièrement la région 1600-1800 cm^{-1} où l'on rencontre habituellement la raie caractéristique du carbonyle aldéhydique. Celle-ci correspond à une fréquence de 1702 pour l'aldéhyde pur. Dans les mélanges moléculaires (1-2) et (1-3), on trouve deux fréquences 1676-1691. Dans le mélange (1-1), seule est visible une bande de 1687 ± 15 qui provient de l'ensemble des trois raies précédentes 1702, 1687, 1626. Le tableau suivant résume ces faits :

([1]) D. Bodroux et R. Thomassin, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 991; *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1939, p. 1411.

([2]) Boba Shimkaya Kocheskov, *J. Gen. Chem. U.R.S.S.*, 1938, p. 1850.

Aldéhyde pure..............		1702
» 1, phénol 1........	← 1687 →	
» 1, » 2........	1676	1691
» 1, » 3........	1676	1691

On constate ainsi que lorsque la proportion de phénol est suffisante (phénol 2 ou 3^{mol} pour 1^{mol} d'aldéhyde), l'aldéhyde libre n'existe plus et seules se rencontrent dans le liquide des molécules de l'aldéhyde engagées dans une combinaison à pont hydrogène avec le phénol. Celle-ci est semblable à celles que fournissent les cétones dans les mêmes conditions ([3]).

Il est bon de souligner ici le *dédoublement de la raie rattachée au groupe carbonyle*, suivant un processus analogue à celui qui est observé chez les cétones ([4]).

Nous comptons entreprendre une analyse thermique à basse température pour parfaire cette étude et préciser la composition de la combinaison moléculaire fondant à basse température. Deux cas sont en effet possibles : ou la composition du solide pur est 1-2 et la fusion ne donne lieu à aucune dissociation, ou bien elle est 1-1 et la fusion donne lieu à la dissociation observée dans le spectre, dissociation que l'on ne peut faire reculer par addition de phénol [spectres des mélanges liquides (1-2) et (1-3)].

En résumé, cet aldéhyde, particulièrement peu actif, du fait de la présence en position *para* du radical cyclohexyle, fournit cependant une combinaison d'addition moléculaire avec le phénol.

Dans un prochain Mémoire, nous montrerons que les aldéhydes ordinaires agissent facilement et qu'ils permettent, eux aussi, de vérifier les particularités déjà signalées par les cétones.

THÉORIE DES SOLUTIONS. — *Nature et dimensions des ions en solution aqueuse à haute température*. Note de Mlle **Geneviève Sutra**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans un travail précédent ([1]) nous avons donné une liste à peu près complète : 1° des conductibilités des ions à 25° en solution infiniment étendue; 2° des *volumes limites* en solution des ions dans les mêmes conditions. A l'aide de ces nombres nous avons pu calculer l'hydratation des ions. Ceux-ci se trouvent ainsi classés en trois catégories : 1° les petits ions à forte charge qui

---

([3]) F.-J. Taboury, *Comptes rendus*, 19, 1942, p. 764; *Bull. Soc. Chim.*, 10, 1943, p. 205; F.-J. Taboury et L. Boureau, *ibid.*, 12, 1945, p. 594; F.-J. Taboury et E. Gray, *ibid.*, 11, 1944, p. 435; E. Gray, *ibid.*, 12, 1945, p. 607.

([4]) J. Lecomte, F.-J. Taboury et E. Gray, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 138.

([1]) *Thèse*, Paris, 1946.

sont hydratés; 2° les gros ions, non hydratés; 3° les ions de rayon moyen et faiblement chargés, qui ne suivent pas la loi de Stokes.

Il se trouve que les ions hydratés ont un coefficient de température de la conductibilité supérieur à 0,0236, les gros ions un coefficient égal à cette valeur, les ions de la 3e catégorie un coefficient inférieur à cette valeur; celle-ci représente le coefficient de température de la fluidité de l'eau pure. Nous avons pu expliquer ces résultats : 1° pour les ions hydratés, par une déshydratation partielle quand la température augmente; 2° pour les gros ions, par la loi de Stokes; 3° pour les ions moyens, par la superposition de deux effets : d'une part, un effet électrique de l'ion sur les dipôles de l'eau, effet qui augmente le frottement, donc le rayon r_s de Stokes; d'autre part, un effet de la structure lacunaire de l'eau, effet qui diminue r_s.

Nous pouvons étendre ces explications aux températures élevées. Des mesures de conductibilité ont en effet été faites il y a près de 40 ans par Noyes et ses collaborateurs (1905-1910) à des températures qui atteignent 306°C. A l'aide de leurs résultats, nous avons pu, en utilisant également les nombres de transport de l'ion Cl^-, calculer les conductibilités dues aux ions. Pour appliquer la loi de Stokes, nous avons employé les valeurs de la viscosité de l'eau à haute température résultant des mesures les plus récentes.

Les mesures n'ont pas porté sur des ions de la catégorie (2). Nous donnons en exemples deux ions : Ba^{++} comme ion hydraté; Cl^- comme ion de la catégorie (3).

Pour l'ion Ba^{++}, les rayons r_s calculés ont les valeurs suivantes :

t (°C.)....	18	100	156	118	306
r_s........	2,90	2,96	2,98	2,94	2,56

On voit que c'est seulement après 218° que r_s diminue, mettant en évidence une déshydratation partielle.

Pour l'ion Cl^-, on obtient :

t (°C.)....	18	100	156	218	281	306
r_s........	1,18	1,36	1,40	1,43	1,53	1,56

L'augmentation régulière de r_s résulte de notre théorie rappelée plus haut. On doit avoir, en effet,

$$\frac{r_s}{r} = \frac{\left(1 + \frac{A}{r^4}\right)}{(1 + \varphi)},$$

où r est le rayon cristallin de l'ion, A une expression calculable, φ une fonction empirique de r. Quand T augmente, A augmente et φ diminue, celle-ci par suite du changement de structure de l'eau; donc r_s augmente.

Les ions H^+ et OH^- se classent à part. Nous avons pu montrer récemment

que l'ion H^- est probablement un proton en solution aqueuse [1]. Sa mobilité fait intervenir le chemin moyen λ qu'il parcourt entre deux chocs contre les molécules d'eau. En supposant que la vitesse d'agitation du proton est fonction de T, à la façon de celle d'une molécule gazeuse, on peut calculer λ. On trouve que λ tend vers la limite 7.10^{-9} cm quand T tend vers la température critique. Alors que la conductibilité d'un ion tel que Ba^{++} augmente constamment avec T, celle de l'ion H^- passe par un maximum à 281° et diminue ensuite. Le calcul *a priori* de λ par la théorie cinétique présente quelques difficultés sur lesquelles nous pensons revenir.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Recherches sur la variation de la résilience de l'acier au carbone moulé, d'élaboration électrique basique.* Note [1] de MM. **Paul Bastien** et **Louis Alanore**, présentée par M. Albert Portevin.

Une étude statistique a été faite en vue de préciser l'influence sur la résilience des divers éléments de la composition chimique de l'acier au carbone de nuance mi-douce, élaboré en marche basique au four électrique à arc.

Les essais ont porté sur 133 coulées, dont la composition moyenne était, C 0,180 % ; Mn 0,710 % ; Si 0,360 % ; S 0,014 % ; P 0,018 %, et dont les caractéristiques moyennes à l'état recuit, pour un même mode de prélèvement des éprouvettes, étaient les suivantes : E 33,3 kg/mm²; R 49,8 kg/mm²; A % 34,3; K_{UF} 9,1 Kgm/cm².

Pour chaque coulée, on a considéré comme exprimant la résilience de la coulée, la moyenne des résultats obtenus sur trois éprouvettes; à l'égard de cette valeur, la dispersion moyenne des résultats individuels de chaque coulée est de $\pm$ 0,6 Kgm/cm².

Il est bien connu que, pour les aciers moulés au carbone, la résilience varie dans l'ensemble en sens inverse de la résistance mécanique, si les conditions d'élaboration, de coulée, de traitement thermique et de prélèvement restent constantes. Les variations de la résistance mécanique introduisent donc une variable supplémentaire que nous nous sommes efforcés d'éliminer, afin de dégager plus nettement l'influence des divers éléments de la composition chimique. Une étude préliminaire a eu pour but de déterminer le coefficient de variation de la résilience en fonction de la résistance mécanique. Les déterminations statistiques, conduites par voie graphique, ont fait apparaître une baisse de résilience de 0,25 Kgm/cm² pour un accroissement de la résistance mécanique de 1 kg/mm². Ce coefficient de correction a permis, pour la suite de l'étude, de ramener la résistance mécanique à la valeur uniforme de 50 kg/mm².

Influence du soufre. — Les résultats obtenus en partageant les 133 coulées

(1) Eugène Darmois et Geneviève Sutra, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1286.

(1) Séance du 7 octobre 1946.

en un certain nombre de groupes d'après leurs teneurs en soufre et en manganèse montrent que l'abaissement de la teneur en soufre améliore très nettement la résilience, même dans le domaine des faibles concentrations (0,010 à 0,020 %) réalisées au four électrique basique : le gain moyen sur la résilience K_{UF} est de l'ordre de 0,1 Kgm/cm² pour 0,69 millièmes % en moins sur le pourcentage en soufre. Ces chiffres ont été utilisés pour effectuer des corrections en fonction de la teneur en soufre ramenée uniformément à la moyenne générale de 0,014 % lors de l'étude de l'influence sur la résilience des autres éléments.

Les résultats ci-dessus sont, par ailleurs, en accord satisfaisant avec ceux obtenus par L. Colombier [2], dans un autre domaine, celui des aciers nickel-chrome-molybdène élaborés au four à haute fréquence et forgés.

Influence du phosphore. — Un procédé graphique d'investigation, analogue à celui utilisé pour le soufre, montre que les variations de la teneur en phosphore dans les limites usuelles au four électrique à arc basique (0,012 à 0,025 %) sont sans influence appréciable sur la résilience.

Influences du manganèse et du carbone. — Si l'on étudie les valeurs de la résilience, corrigées en fonction de la teneur en soufre ramenée uniformément à 0,014 %, et de la résistance mécanique rapportée à 50 kg/mm², on constate immédiatement que le groupe des coulées présentant les teneurs les plus fortes en manganèse (de l'ordre de 0,800 %) et les plus faibles en carbone (de l'ordre de 0,175 %) a simultanément une résistance et une résilience moyennes plus élevées que le groupe de coulées caractérisé par les teneurs moyennes les plus faibles en manganèse (0,600 % environ) et les plus fortes en carbone (0,190 %). Cela souligne l'intérêt qu'il y a, pour obtenir une valeur satisfaisante de la résilience, à chercher à réaliser la résistance mécanique désirable par une teneur en manganèse un peu élevée, par exemple de 0,800 %, combinée à une teneur assez faible en carbone.

Influence du silicium. — L'ensemble des coulées étudiées réparti en quatre groupes à teneurs en silicium croissantes, indique, d'après les valeurs de la résilience corrigées des actions de la résistance mécanique et de la concentration en soufre, que l'influence de la variation du silicium dans les limites uselles (0,300 à 0,450 %) est peu marquée.

En résumé, même dans des domaines étroits de composition chimique, l'application des méthodes statistiques permet de saisir et d'isoler l'influence des divers facteurs et d'attirer l'attention sur ceux jouant le rôle prépondérant. Dans le cas présent, certaines corrections apportées à l'élaboration de l'acier, visant à obtenir un métal à faible teneur en soufre et à manganèse relevé vers 0,80 %, ont permis d'améliorer sensiblement les résiliences moyennes réalisées.

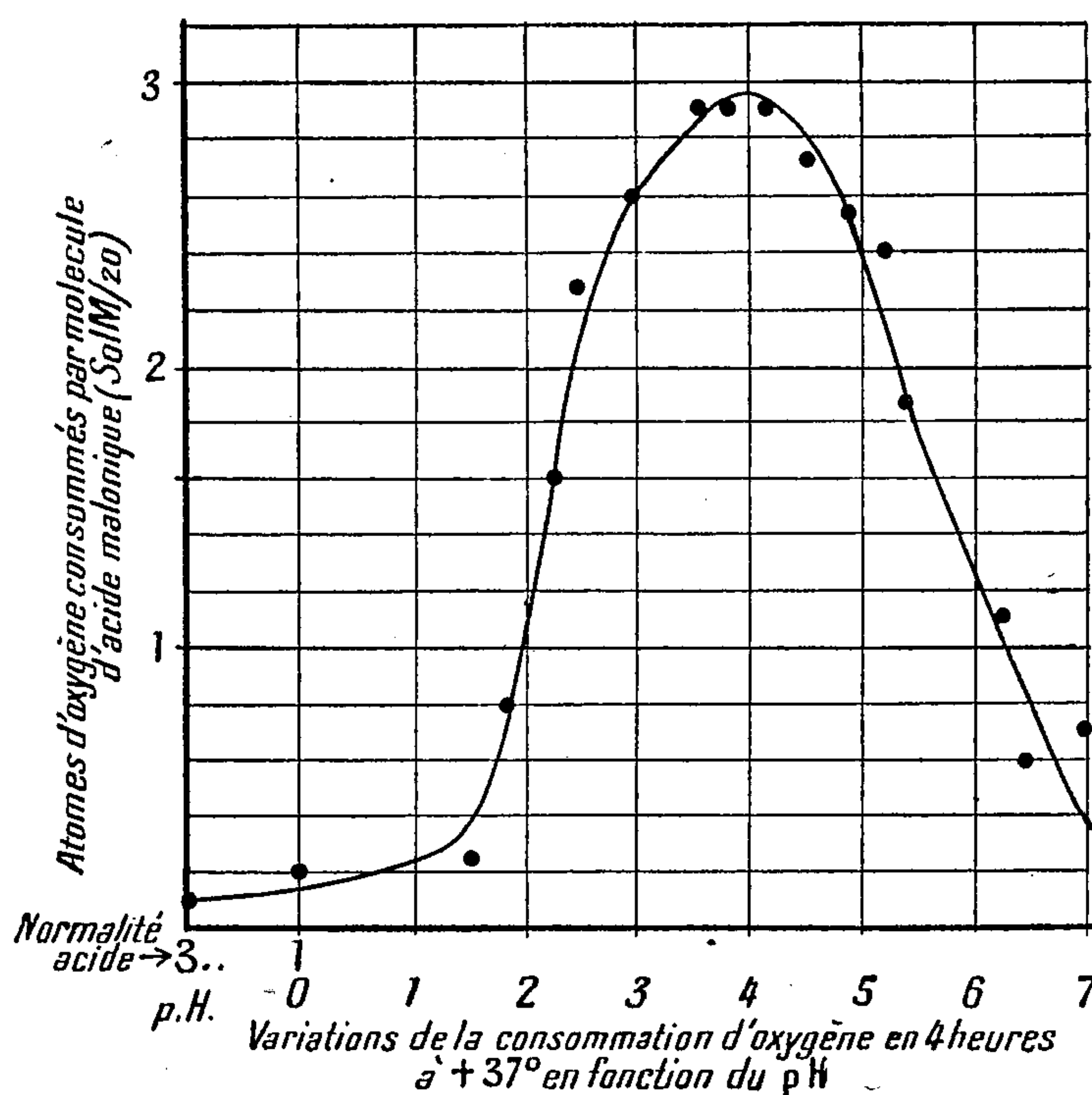
(2) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 886.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Action de l'acide periodique sur l'acide malonique.* Note (¹) de MM. **Paul Fleury** et **Jean Courtois**, présentée par M. Maurice Javillier.

D'après les recherches portant sur le champ d'action de l'acide periodique, les composés organiques non azotés assez rapidement oxydables par ce réactif présentent la structure

$$\begin{array}{cc} OH & OH \\ | & | \\ -C & -C- \\ | & | \end{array}$$

si l'on considère qu'aldéhydes et cétones réagissent sous forme d'hydrates. Nous montrons aujourd'hui que l'acide malonique fait exception à cette règle; il est oxydé plus rapidement que son homologue inférieur, l'acide oxalique, tandis que son homologue supérieur,



Variations de la consommation d'oxygène en 4 heures à +37° en fonction du pH

l'acide succinique, ne l'est pratiquement pas, même après chauffage prolongé à 100°.

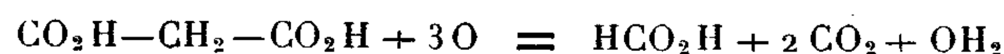
La vitesse de cette oxydation présente des particularités remarquables. Elle est très nettement influencée par la réaction du milieu. Très lente au-dessous de pH 1,0, elle s'accélère brusquement de pH 1,5 à 2,5; demeure maxima pour devenir minima à pH 7,0. C'est la première fois, à notre connaissance,

(¹) Séance du 30 septembre 1946.

qu'est observée une action aussi manifeste de la réaction du milieu sur la vitesse de l'oxydation par l'acide periodique. Ainsi, nous avons constaté que la vitesse d'oxydation du propylèneglycol ne varie que faiblement avec le pH du milieu; l'optimum observé vers pH 4,0-5,0 est à peine sensible. La vitesse d'oxydation du glucose est plus élevée en dessous de pH 1,0 que de pH 1,0 à 6,0. Dans cette dernière région, elle est pratiquement insensible aux variations de la réaction. Par contre, les di-acides tartronique et malique se comportent comme l'acide malonique; le pH optimum de la vitesse de réaction est très marqué et situé également vers 4,0.

Pour obtenir l'oxydation totale de l'acide malonique, il suffit de le traiter, en solution décimoléculaire, par un excès d'une solution sulfurique décimoléculaire de periodate de sodium de pH 2,5 pendant 24 heures à la température du laboratoire, ou 30 minutes à celle du bain-marie bouillant.

Cette oxydation s'effectue selon l'équation



$$CO_2H-CH_2-CO_2H + 3O = HCO_2H + 2CO_2 + OH_2$$

Nous l'avons reconnu en dosant l'acide periodique réduit, la variation d'acidité du milieu, l'anhydride carbonique libéré et l'acide formique; ce dernier a été titré par bromométrie dans le milieu même, ou par acidimétrie après entraînement par la vapeur d'eau, et identifié par ses caractères analytiques. Par ailleurs, diverses données permettent d'envisager que la première étape de l'oxydation periodique de l'acide malonique est la formation d'acide tartronique.

La formation de l'acide formique dans cette réaction peut être considérée comme anormale, si l'on se rapporte au comportement de l'acide periodique dans toutes les réactions étudiées jusqu'ici. En généralisant des réactions analogues, on pouvait en effet s'attendre à la consommation de deux molécules seulement d'acide periodique avec formation d'aldéhyde formique. Nous n'avions jusqu'ici observé qu'une seule exception, l'acide glycolique, qui nous a donné, avec une consommation de 2 atomes d'oxygène, de l'acide formique, tandis qu'on prévoyait une consommation d'un seul atome d'oxygène avec formation d'aldéhyde formique. Mais, tandis que dans le cas de l'acide glycolique, nous avons pu, en opérant à 100°, déceler la formation de cet aldéhyde, nous n'avons pas retrouvé ce fait avec l'acide malonique en opérant dans les mêmes conditions.

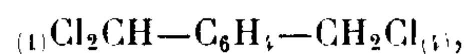
Aux deux extrémités de l'échelle des pH, où la réaction devient très lente, des anomalies se révèlent. A pH 6,8 en milieu tamponné par des phosphates, la consommation d'acide periodique dépasse 3^{mol}, surtout à 100°, par suite de l'oxydation de l'acide formique qui se montre bien plus attaquable que dans les milieux de pH plus bas. D'autre part, à pH 1,38, on observe, se superposant à la réaction normale, un processus différent donnant naissance à une quantité plus faible d'acide formique et probablement à de l'acide oxalique.

En résumé, comme il est de règle avec l'acide periodique, l'oxydation de

l'acide malonique amène la rupture des liaisons entre carbones. Mais dans les cas étudiés jusqu'ici, la rupture n'avait lieu qu'entre deux carbones contigus portant *chacun* un oxhydrile (alcoolique ou appartenant soit à une fonction hydrate d'aldéhyde ou de cétone, soit à un carboxyle). Dans le cas de l'acide malonique, elle a lieu de part et d'autre du carbone central qui, cependant, ne porte pas d'oxyhydrile. Ce fait remarquable est peut-être en liaison avec la mobilité si caractéristique des hydrogènes liés à ce carbone, puisqu'il ne se retrouve pas dans l'acide succinique, chez lequel cette mobilité a disparu. La variation très marquée de la vitesse de la réaction en fonction du pH, qui n'avait pas été observée avec les autres composés oxydables, ne relève probablement pas de la même cause, mais est peut-être liée à la nature di-acide de la molécule, puisque nous l'avons retrouvée avec les acides tartronique et malique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des aldéhydes ortho- et méta-éthoxyméthylbenzoïques*. Note de M. **Georges Arditti**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il a été montré [1] que par action directe du chlore sur le paraxylène à l'ébullition, on obtient le composé trichloré



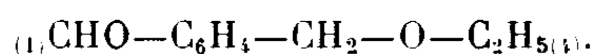
$$_{(1)}Cl_2CH—C_6H_4—CH_2Cl_{(4)},$$

qui réagit sur l'éthylate de sodium pour donner le dérivé



$$_{(1)}(C_2H_5O)_2—CH—C_6H_4—CH_2—O—C_2H_{5(4)}.$$

Ce dernier, par hydrolyse, conduit à l'aldéhyde para-éthoxyméthylbenzoïque



$$_{(1)}CHO—C_6H_4—CH_2—O—C_2H_{5(4)}.$$

On obtient de même façon le dérivé méthoxylé correspondant.

Il nous a paru intéressant d'essayer d'obtenir par cette méthode les aldéhydes isomères ortho et méta.

Lorsque dans de l'*orthoxylène* pur, É 142°-142°,5, n_D^{18} 1,5038, maintenu à 142°, on fait passer un courant de chlore sec, on constate qu'il n'est pas possible d'introduire la totalité du chlore requis pour la formation du dérivé trichloré, et qu'il est nécessaire d'élever progressivement la température jusque vers 160° pour obtenir ce résultat. Du mélange brut obtenu, nous avons réussi, à la suite de nombreuses distillations suivies de cristallisations, à séparer :

1° *le ω.ω.ω'.ω'-tétrachloroorthoxylène*, sous forme de fines aiguilles blanches F 90° [analyse : Cl trouvé 57,62 %; calculé 58,19 %; M (cryoscopie) trouvé 249; calculé 244], solubles dans l'alcool, l'éther, l'acétone, le benzène; ce dérivé a été déjà obtenu par Hjelt [2] et par Colson et Gautier [3];

---

[1] G. Arditti et L. Palfray, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 547.

[2] *Berichte*, **18**, 1885, p. 2879.

[3] *Ann. de Chimie*, (6), **2**, 1887, p. 25.

2° *le* ω.ω.ω'-*trichloroorthoxylène*, non encore décrit, qui se présente sous forme d'une huile incolore (4), $É_{17}$ 139°-141°; d_4^{18} 1,3697; n_D^{18} 1,5740; R_m trouvé 50,47; calculé 50,48 [analyse : Cl trouvé 49,7 %; calculé 50,2 %; M (cryoscopie) trouvé 205; calculé 209,5]. Cette huile, d'odeur piquante, s'épaissit par refroidissement, mais n'est pas encore solide à — 50°.

La constitution de ce dérivé trichloré de l'orthoxylène a été établie par sa transformation, sous l'action d'un excès d'éthylate de sodium, en un liquide incolore $É_{22}$ 134-135°, l'*acétal*



$$_{(1)}(C_2H_5O)_2—CH—C_6H_4—CH_2—O—C_2H_{5(2)}.$$

Par hydrolyse en milieu acide, cet acétal conduit à *l'aldéhyde o-éthoxy-méthylbenzoïque*



$$_{(1)}CHO—C_6H_4—CH_2—O—C_2H_{5(2)},$$

liquide incolore d'odeur agréable, $É_{20}$ 133°; n_D^{21} 1,5248; d_4^{21} 1,055; R_m trouvé 47,62; calculé 46,71. Cet aldéhyde donne une combinaison bisulfitique, une *semi-carbazone* F 184° (analyse : N trouvé 19,0 %; calculé 19,0 %), une *dinitro*-2.4*phénylhydrazone* F 183° (analyse : N trouvé 16,11 %; calculé 16,28 %).

Dans le cas du *métaxylène* pur, É 138°-138°,5; n_D^{17} 1,4966, on peut fixer, sans dépasser la température d'ébullition, 3 atomes de chlore par molécule de carbure. Mais il ne nous a pas été possible d'isoler de composé défini.

Néanmoins nous avons pu caractériser la formation de certains dérivés chlorés : après action d'un excès d'éthylate de sodium sur le mélange réactionnel, lavé et séché, nous avons séparé deux fractions principales : *a*. $É_{17}$ 121°-161° et *b*. $É_5$ 135°-152°.

De la *fraction a*, nous avons réussi, après hydrolyse, à obtenir par l'intermédiaire de sa combinaison bisulfitique, l'*aldéhyde m-éthoxyméthylbenzoïque*



$$_{(1)}CHO—C_6H_4—CH_2—O—C_2H_{5(3)},$$

liquide incolore, d'odeur fine et agréable (5) $É_9$ 117°-119°; $n_D^{14,5}$ 1,5270; $d_4^{14,5}$ 1,070; R_m trouvé 47,1; calculé 46,7. Cet aldéhyde donne une *semi-carbazone* F 173° (analyse : N trouvé 18,8 %; calculé 19,0 %) et une *dinitro*-2.4 *phénylhydrazone* F 129°-130° (alcool bouillant) (analyse : N trouvé 16,1 %; calculé 16,28 %).

La *fraction b*, traitée de la même façon que la précédente, a fourni de l'aldéhyde *m*-éthoxyméthylbenzoïque, ainsi que le *dialdéhyde*-1.3 *phtalique* fondant à 90°.

L'obtention de ces deux aldéhydes montre bien que la chloruration du

(4) Cette huile jaunit légèrement au bout d'un certain temps.

(5) Il est intéressant de noter qu'à l'encontre du cas général, on a ici un aldéhyde en *méta*, à odeur agréable.

métaxylène dans les conditions de l'expérience, avait fourni, entre autres composés, de l'ω.ω.ω'-*trichlorométaxylène* et de l'ω.ω.ω'.ω'-*tétrachlorométaxylène*.

CÉRAMIQUE. — *Plasticités des argiles et gelées thixotropiques.* Note [1] de M. **René Lecuir**, présentée par M. Paul Pascal.

La plasticité des argiles a suscité de nombreuses théories. Les unes voient dans cette propriété une conséquence de la finesse des particules et de leur forme lamellaire, bien qu'il n'ait pas été possible d'obtenir des pâtes plastiques à partir de talc et de graphite. D'autres se basent sur la présence de gels colloïdaux formés par l'argile elle-même ou l'acide humique qu'elle renferme. D'autres proposent des théories basées sur les propriétés des liquides, faisant intervenir simultanément la viscosité et la tension superficielle.

Nous avons cherché à substituer des gelées aqueuses à la suspension argileuse. En déshydratant une gelée sur plâtre, en ayant soin d'éviter à la surface de celui-ci la formation d'une couche plus sèche qui détruirait l'homogénéité de la masse, on obtient, avec une diminution considérable de volume, une matière dont la plasticité rappelle celle des argiles grasses, dont le façonnage nécessite l'addition d'un dégraissant.

Si l'on ajoute à la gelée une charge inerte, il devient possible de traiter la masse plastique sur le tour de potier. En ajoutant, à du talc, 20 % en poids d'une gelée (contenant elle-même 15 % de fécule), on peut, après déshydratation sur plâtre, la tourner avec la même facilité que l'argile. Avec un peu moins de facilité, on peut tourner une masse plastique de graphite. Les pâtes préparées avec un constituant sans structure lamellaire, par exemple : alumine, quartz, se comportent comme des pâtes courtes, c'est-à-dire que leur charge de rupture est voisine de celle qui produit la déformation. Si, pour éviter ce défaut, on accroît la quantité de liquide dans le gel, on fait apparaître dans la masse un phénomène de thixotropie trop marqué pour qu'il soit possible de faire, sur le tour, mieux qu'une ébauche.

Nous pouvons ainsi expliquer le mécanisme du façonnage sur le tour. La pâte doit présenter cette caractéristique d'absorber l'apport continu de liquide fait par la main du tourneur; la main doit être constamment mouillée pour glisser sur les surfaces qu'elle comprime. La mise en forme doit être achevée avant que la quantité de liquide présente détermine la déformation de l'objet sous son propre poids.

Les mêmes compositions ont été soumises au filage. La pâte doit céder à la pression et prendre un mouvement continu d'écoulement tant que subsiste la pression du piston de la filière; nous avons constaté que, pour obtenir une faci-

(1) Séance du 14 octobre 1946.

lité de façonnage comparable à celle de suspensions argileuses, il est nécessaire que la pâte présente une certaine thixotropie, celle par exemple obtenue par addition de 1 % de chlorure d'ammonium au gel de fécule précédemment mentionné. *Le retour de la forme liquide à la forme rigide doit être assez rapide pour éviter une déformation de l'objet* sous son propre poids ou sous la pression de la pâte sortant de la filière; une gelée à 7 % en poids de gélatine, dont le temps de raffermissement est de l'ordre de la seconde, permet le filage d'une charge inerte, alors qu'une gelée à 1 % de gélatine, dont le temps de raffermissement est dix fois plus élevé, ne le permet pas.

La pression exercée, la vitesse de mise en charge, le pourcentage de gelée utilisée comme liant, sa nature et celle de la charge inerte sont susceptibles de modifier le comportement de la masse. Un choix convenable permet de traiter par les techniques céramiques une charge minérale dénuée de plasticité et de la soumettre ultérieurement à la cuisson. Il est cependant nécessaire d'éviter, d'une part qu'il n'y ait synérèse sous l'action de la pression et, d'autre part que les frottements entre les grains de la poudre, ou entre ces grains et les parois, n'atteignent une valeur telle que la charge vienne constituer un filtre pour la gelée elle-même.

L'hypothèse établissant une analogie entre l'état plastique de l'argile façonnable et celui de gelée colloïdale trouve donc sa confirmation dans l'expérience. Les phénomènes de thixotropie, qu'on a déjà observés dans les pâtes destinées au coulage, jouent un rôle important dans le façonnage; un passage rapide de la forme liquide à la forme rigide est la condition nécessaire à leur utilisation par l'industrie céramique. Les expériences de Le Chatelier, en prouvant que la plasticité des argiles croît avec la vitesse de déformation, montrent que les pâtes argileuses répondent parfaitement à cette condition. Le phénomène de thixotropie joue donc un rôle essentiel dans les techniques où s'exerce une pression nette et rapide, alors que la forme lamellaire des argiles garde toute son importance dans le travail sur le tour, où la pression exercée est très faible et répétée; l'imbrication des lamelles de la charge est alors nécessaire pour compenser une trop faible déformation de la gelée thixotropique.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du diamant au Gabon (A.E.F.), en relation avec des kimberlites et des roches carbonatées métamorphiques*. Note de M. **Boris Choubert**, présentée par M. Charles Jacob.

Les terrains métamorphiques que traverse l'Ikoy dans son cours inférieur se distinguent par la présence de cipolins. Ceux-ci surmontent une succession de schistes argileux, graphiteux ou micacés; ils sont, de plus, traversés par des filons de roches riches en sulfures (pyrrhotite, pyrite, chalcopyrite), qui devaient être des pyroxénolites à l'origine, mais ont été profondément modifiées par le métamorphisme affectant l'ensemble de la série. A leur contact les cipolins passent à des trémolitites.

Ces belles roches, blanches ou d'un vert plus ou moins prononcé, montrent sous le microscope des plages de calcite, progressivement remplacées par des rosettes et faisceaux de trémolite en cristaux allongés, en quelque sorte émaillés de grains de calcite. Au contact immédiat des roches éruptives, cette dernière disparaît complètement.

L'altération de filons aurifères quartzeux, traversant ces terrains métamorphiques, a donné naissance à des alluvions qui sont activement exploitées. Les travaux d'extraction ont mis à nu, dans un affluent de la Bendolo (elle-même tributaire de droite de l'Ikoy), des bancs de cipolins micacés, traversés par les filons d'une roche à grain fin et d'aspect bréchoïde, dont la teinte va du gris foncé au vert noirâtre. Sur les surfaces érodées s'observent une multitude de petits grains en saillie. Ces filons, dont l'épaisseur varie de quelques millimètres à 20^{cm} environ, recoupent en tous sens les cipolins et sont souvent perpendiculaires à leur stratification, c'est-à-dire dirigés NNW.

Au microscope, la roche filonienne montre des phénocristaux d'olivine et de pyroxène, serpentinisés pour la plupart, ainsi qu'une biotite fortement pléochroïque, généralement zonée, aux formes souvent idiomorphes et qui, en lumière naturelle, varie du brun clair au jaune à peine teinté. Dans les filonnets minces, le mica est orienté parallèlement à l'allongement général. La roche contient en outre une notable proportion de magnétite et d'ilménite. Elle a l'aspect caractéristique des variétés à grain fin de kimberlite que nous avons eu l'occasion d'observer à Kimberley même, et elle possède, d'ailleurs, une composition minéralogique identique.

Ces filons de kimberlite offrent un aspect de fraîcheur qui contraste avec les terrains encaissants, fortement métamorphiques et plissotés. Or, depuis 1941, nous avons trouvé, à plusieurs reprises, des diamants dans les appareils de lavage des chantiers situés en aval de l'affluent de la Bendolo cité plus haut. D'autres ont été recueillis plus au Nord, dans cette même bande de terrains métamorphiques de direction NNW, caractérisée par la présence simultanée de cipolins et de schistes graphiteux, jusqu'à l'extrémité septentrionale du bassin de l'Ikoy. En plusieurs endroits, le bed-rock a une coloration bleue identique à celle du *blue ground* de l'Afrique australe.

A 60^{km} plus au Sud, dans le bassin de la Waka (important affluent de gauche de la N'Gounié), au pays Itsogo, nous avons observé également la présence simultanée de diamants (1) et de calcaires métamorphiques. Ces derniers constituent une bande de quelques centaines de mètres de largeur et de 30^{km} environ de longueur à l'Ouest du massif granitique qui sépare le N'Gounié de la Haute-Waka.

Au contact des granites, ces calcaires métamorphiques ont été transformés

(1) Les premiers spécimens ont été découverts par M. P. Tkatchenko et nous-même en 1939.

tantôt en marbres gris et verts à péridots, tantôt en de très belles roches amphiboliques d'un gris-vert sombre montrant des cristaux de trémolite de plusieurs centimètres de longueur et contenant en outre de la diopside et quelques restes de calcite. Les autres termes de la série existent également, mais affectés par un métamorphisme extrêmement accusé. Les schistes argileux qui, dans l'Ikoy, contiennent de la cordiérite et de gros cristaux d'andalousite (chiastolite), ont contribué ici à la formation de roches endomorphes à corindon, que l'on observe tout le long de la bordure occidentale du massif granitique.

Concurremment l'on trouve des marundites (en particulier à Dondo-Waka), semblables à celles qui ont été décrites par A. L. Hall au Transvaal, contenant des cristaux automorphes de corindon rouge et gris, de la margarite, parfois de la tourmaline noire et de la biotite. Dans la même région existent des jaspes rouges et des quartzites micacées.

Dans tous les cours d'eau traversant cet ensemble ont été trouvés des diamants, toujours en aval des roches carbonatées; les mêmes alluvions contiennent également du corindon qui, à l'encontre du diamant, existe de part et d'autre de la bande des marbres.

En conclusion, on peut dire que, comme en Afrique australe, le diamant, dans le Gabon occidental, est en relation avec des kimberlites, et que les roches riches en carbone (calcaires cristallins, schistes graphiteux) semblent avoir joué un rôle déterminant dans sa formation.

GÉOLOGIE. — *Les massifs anciens à l'Ouest de l'Adrar des Iforas* (*Sahara soudanais*). Note de M. **Roman Karpoff**, présentée par M. Charles Jacob.

A l'Ouest de l'Adrar des Iforas, les terrains antécambriens affleurent dans une série de petits massifs séparés par une couverture de sédiments continentaux, lacustres ou marins, allant du Continental intercalaire au Continental terminal ([1]). Ainsi, on peut citer, du Nord au Sud, les suivants : Tadhak ([2]) Tadoulilt, Adrar Tidjérazrazzé, Tadhak Tin Teborak et son satellite, Adrars Tadhak et Ikobrane, Plateau d'In Assadjé, Tadhak Tin Lillou, Adrars Takarkort et Ibilalène, Adrar Echid, Tadhak Bercherenna et le Timétrine.

Dès l'abord quelques distinctions apparaissent parmi tous ces massifs : dans les uns, les séries sont par place très métamorphiques; ailleurs, elles le sont beaucoup moins. Un peu partout, des roches éruptives bourgeonnent en affleurements découpés ou s'allongent suivant les grands traits directeurs de la tectonique.

([1]) A. Cornet, *Travaux Institut Rech. sahariennes*, **2**, p. 117, Alger, 1943.
([2]) « Tadhak » : colline ou crête isolée de petites dimensions.

Les roches très métamorphiques sont du Suggarien ([3]). Des lambeaux et des enclaves de gneiss, d'amphibolites, de cipolins et de rares quartzites flottent dans la granodiorite des Adrars Echid, Ibilalène et Tidjérazrazzé. Dans la moitié occidentale du Plateau d'In Assadjé, les gneiss à biotite se chargent vers l'Est de lentilles de gneiss à amphibole.

Contrastant avec cet ensemble, une série peu métamorphique, pharusienne, forme un petit synclinal de roches conglomératiques au Nord de l'Oued In Assadjé. Des galets du gneiss sous-jacent y sont dispersés dans des roches à épidote et même dans des lentilles de cipolins. Plus au Sud-Est, dans l'Oued Tiffidjarine, le conglomérat, effondré par une faille importante jalonnée de filons de quartz, n'est plus visible; la cassure fait buter contre les gneiss un ensemble de grès surmontés de phyllades à lentilles de grès, d'arkoses et de cipolins. Ce complexe pharusien de la moitié orientale du Plateau d'In Assadjé est très caractéristique et se retrouve dans le Timétrine où il est métamorphique par endroits (amphibolites, micaschistes, roches à glaucophane).

Enfin, dans l'Est et surtout dans le Nord du Timétrine (Adrar Tezzoffi), un conglomérat épais de 1500 à 2000^{m} est discordant sur le Pharusien. A cette troisième formation antécambrienne, très plissée et non métamorphique, j'ai donné le nom de *Nigritien* ([4]).

Les roches éruptives profondes sont de types variés. Des ellipses de granite leucocrate du Suggarien, telles qu'en fournit le plateau d'In Assadjé, ne se retrouvent jamais dans le Pharusien avoisinant. Un granite porphyroïde à biotite forme le Tadhak Tin Lillou. Les Adrars Echid, Takarkort, Ibilalène, le plancher oriental du Tidjérazrazzé et le Tadoulilt sont en granodiorite à nombreuses enclaves. Une syénite hololeucocrate à sodalite et sphène apparaît dans l'Ouest et le Sud du Tidjérazrazzé, dans le Mont Tirkine et le Nord de l'Adrar Tadhak. Inconnue jusqu'ici dans le Sahara soudanais, cette syénite est un peu plus ancienne que le granite porphyroïde rose de l'Adrar Tadhak, et les deux roches sont coupées par des filons de granite mésocrate microgrenu. Une pyroxénite fort altérée subsiste en enclaves passant à des nébulites étirées dans la syénite du Mont Tirkine. Trois massifs de serpentine à lentilles de chromite recoupent le Pharusien du Timétrine.

Les roches volcaniques peuvent se classer en deux catégories.

Une rhyolite, quelquefois très quartzeuse ou enrichie en carbonates, forme un essaim de dykes au Tadoulilt, à l'Adrar Tidjérazrazzé, dans le Plateau d'In Assadjé et au Nord et dans l'Est du Timétrine où un volcan surgit, posé sur les serpentines. A peine plus ancienne que la rhyolite, une trachyandésite verte ou grise, représentée par des dykes dans l'Ouest de l'Adrar Tidjérazrazzé

([3]) C. Kilian, *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, p. 87. Paris, 1932.
([4]) *Comptes rendus*, 223, 1946, pp. 428-429.

(Adrar In t'Finar) et par un culot au Tadhak Tin Teborak, s'éparpille en une multitude de filons dans le Pharusien du Plateau d'In Assadjé.

Ces roches volcaniques post-pharusiennes soulignent l'axe NNE-SSW des déformations de la contrée. D'innombrables filons de quartz à feldspath, chlorite, barytine, calcite ou sidérose, pyrite et oligiste, seraient plus anciens que la trachyandésite et la rhyolite.

La tectonique va du complexe au simple. Les plis sont isoclinaux dans le Suggarien. Le Pharusien du Timétrine est situé dans une zone de virgation; les déformations y ont atteint une grande complexité, gardant partout un style bien typique, très onduleux, à ennoyages. Le Nigritien du Tezzoffi est affecté de plis de style appalachien. Enfin, le sol a bougé une dernière fois lors de l'orogenèse alpine : le Continental intercalaire, le Crétacé typique et l'Éocène sont redressés et faillés à la périphérie de certains massifs anciens (Tidjérazrazzé, Ouest du Timétrine), ce qui porte à quatre au moins le nombre de phases tectoniques identifiées à l'Ouest de l'Adrar des Iforas. En effet, le Pharusien renferme à sa base des galets de granite et de gneiss très métamorphiques. Cela indique que toute une orogenèse suggarienne ancienne a été suivie par une destruction profonde des chaînes de montagnes avant le dépôt des sédiments pharusiens. Le Nigritien non métamorphique est chargé à son tour de galets de roches pharusiennes légèrement métamorphiques. Quant au Continental intercalaire et au Crétacé supérieur, leur tectonique simple se superpose à celle du Nigritien très plissé.

PHYTOCHIMIE. — *Sur la tanghiférine, nouvel hétéroside des amandes de* Tanghinia venenifera. *Identité de la pseudotanghinine et de la désacétyltanghinine.* Note de MM. **Marcel Frèrejacque** et **Victor Hasenfratz**, présentée par M. Richard Fosse.

Dans des Notes antérieures [1] nous avons signalé qu'on peut obtenir, à partir des amandes de *Tanghinia venenifera*, trois hétérosides : la *tanghinine* vraie $C_{32}H_{46}O_{10}$, la *désacétyltanghinine* $C_{30}H_{44}O_{9}$ et la *vénéniférine* $C_{32}H_{48}O_{9}$.

I. Des eaux mères de cristallisation de la tanghinine, nous avons pu isoler, outre la vénéniférine déjà signalée et qui cristallise en gros prismes, un nouvel hétéroside digitalique se présentant en longues et très fines aiguilles et que nous désignerons sous le nom de *tanghiférine*. La proportion de celle-ci est extrêmement faible puisqu'elle représente environ 0,3 % du poids total des hétérosides retirés des amandes, ce qui correspond à 0,2 ‰ du poids des amandes dégraissées.

La tanghiférine est insoluble dans l'eau et cristallise aisément de sa solution alcoolique, F 245° (bloc Maquenne), $[\alpha]_D - 64°$ (C_2H_5OH). De même que la

[1] *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 149 et 815.

tanghinine et la vénéniférine, la tanghiférine donne la réaction de Legal présentée par la plupart des digitaliques. Elle se distingue toutefois des autres hétérosides de *Tanghinia* par la réaction suivante : l'acide sulfurique concentré, additionné de quelques milligrammes de tanghiférine, se colore lentement à froid en bleu intense, alors que, dans les mêmes conditions, la tanghinine donne une coloration brune peu caractéristique et la vénéniférine une teinte violette peu franche.

La tanghiférine a pour formule $C_{32}H_{46}O_9$. Sa saponification exige deux molécules de potasse, dont l'une provoque l'ouverture d'un noyau lactonique et l'autre la scission d'un groupe acétyle : l'acide acétique libéré a été caractérisé et dosé. Par acétylation pyridinée, elle conduit à l'*acétyltanghiférine* $C_{34}H_{48}O_{10}$ cristallisant de l'alcool en fines aiguilles, F 231°, $[\alpha]_D - 45°,5$ (C_2H_5OH).

La tanghiférine, en solution méthylalcoolique et en présence de platine Adams, fixe une molécule d'hydrogène en donnant la *dihydrotanghiférine* $C_{32}H_{48}O_9$, fines aiguilles peu solubles dans l'alcool, F 281° (bloc Maquenne), $[\alpha]_D - 75°$(C_2H_5OH). Ce dérivé hydrogéné ne donne plus la réaction de Legal, mais sa solution sulfurique se colore en bleu avec le temps; il fournit un dérivé acétylé, l'*acétyldihydrotanghiférine* $C_{34}H_{50}O_{10} + H_2O$, F 134°, qu'on peut obtenir également par hydrogénation de l'*acétyltanghiférine*.

Hydrolysée par le mélange de Kiliani, la tanghiférine se scinde en un ose réducteur et en une *génine cristallisée*, la *tanghiférigénine* $C_{23}H_{32}O_4$, alors que les génines correspondantes des autres hétérosides du tanghin n'ont été obtenues qu'à l'état amorphe.

La tanghiférigénine cristallise en aiguilles peu solubles dans l'alcool, F 288° (bloc Maquenne), et donne également une coloration bleue en présence d'acide sulfurique. De même l'hydrolyse de la dihydrotanghiférine conduit à la dihydrotanghiférigénine cristallisée $C_{23}H_{34}O_4$, F vers 160°.

L'ose réducteur formé au cours de l'hydrolyse n'a pu être obtenu qu'en très petite quantité et a été acétylé directement. Le dérivé acétylé, obtenu cristallisé, F 98-99°, $[\alpha]_D - 111°,7$ (CH_3OH), a pour formule $C_{13}H_{20}O_8$; il s'est révélé identique au *triacétylthévétose* et, comme le thévétose, il renferme bien un groupe méthoxyle.

De ces observations il résulte que la tanghinine, la désacétyltanghinine, la vénéniférine et la tanghiférine sont formées par l'union d'un même ose, le *thévétose* $C_7H_{14}O_5$, avec une génine en C_{23}. Les formules de la tanghinine et de la désacétyltanghinine conduisent à attribuer à leur génine commune la formule $C_{23}H_{32}O_5$; la vénéniférigénine aurait pour formule $C_{23}H_{34}O_4$, et par suite serait isomère de la digitoxigénine; la tanghiférigénine $C_{23}H_{32}O_4$ contient donc un hydroxyle de moins que la tanghigénine et une double liaison de plus que la vénéniférigénine.

II. Les amandes fraîches de *Tanghinia venenifera* sont parfaitement

blanches; toutefois, dans certaines conditions, elles peuvent s'altérer et devenir entièrement noires. C'est d'un lot d'amandes noires qu'un de nous ([2]) a isolé un corps cristallisé, la *pseudotanghinine*, différente de la tanghinine d'Arnaud. Au cours de notre étude sur les amandes fraîches, nous avons été frappés de la ressemblance de la pseudotanghinine avec la désacétyltanghinine. La comparaison des aspects cristallins, des points de fusions, des pouvoirs rotatoires, des solubilités dans l'alcool et l'acétone de ces deux corps, montre que la pseudotanghinine et la désacétyltanghinine sont identiques; de plus ces deux hétérosides ont le même indice de saponification et fournissent le même dérivé acétylé.

La pseudotanghinine est donc identique à la désacétyltanghinine et doit être représentée par la formule $C_{30}H_{44}O_9$.

HISTOLOGIE. — *Résultats d'une étude biométrique des cellules hémoblastiques des Ascidies.* Note de M. **Jean-Marie Pérès**, présentée par M. Louis Fage.

Dans un précédent travail j'ai reconnu l'existence chez les Ascidies de cellules sanguines primitives que j'ai appelées *hémoblastes* (ou *hémohistioblastes*) et dont j'ai précisé les caractères cytologiques ([1]). Chez *Ciona intestinalis* et diverses autres Ascidies simples que j'ai étudiées, ces hémohistioblastes peuvent évoluer suivant deux directions : d'une part s'immobiliser pour donner des cellules du tissu conjonctif, évolution réversible, au moins à son début et dans certains cas; d'autre part, et ceci d'une manière irréversible, se diviser pour donner des lymphocytes, qui, tels que je les ai définis, sont à l'origine de toutes les catégories d'éléments sanguins libres. Étudiant ensuite *Pyrosoma atlanticum*, je conclus à l'existence de deux catégories de cellules hémoblastiques, l'une identique aux hémohistioblastes des Ascidies simples, l'autre caractérisée par un nucléole plus petit et un cytoplasme plus développé (pseudhémoblastes). J'ai retrouvé ces deux catégories de cellules-souches chez les Ascidies composées Aplousobranches *Polyclinidæ* et *Didemnidæ*.

Pour établir valablement la séparation des deux catégories de cellules-souches entre elles et avec les autres éléments du mésenchyme, j'ai utilisé les méthodes biométriques dont j'expose par ailleurs le détail ([2]), me basant surtout sur les surfaces de section du nucléole (n) et du Noyau (Nt), qui sont, à un coefficient constant près, comme les surfaces de contact nucléole-noyau et noyau-cytoplasme. Les mensurations effectuées sur *Synoicum argus*, *Amaroucium turbinatum* et surtout *Aplidium pallidum* montrent sans aucun

([2]) Victor Hasenfratz, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 404.

([1]) *Ann. Inst. Oc.*, **21**, 1943, p. 223.

([2]) *Bull. Soc. Roy. Zool. Belg*., 1946 (sous presse).

doute possible qu'il existe, dans l'ensemble des cellules hémoblastiques libres, deux catégories d'éléments parfaitement séparées : *a.* les hémoblastes vrais ou de premier ordre (hémohistioblastes) définis par un rapport n/Nt compris entre 0,08 et 0,13 pour 66% de leur nombre; *b.* les pseudhémoblastes (hémoblastes de deuxième ordre) définis par un rapport n/Nt compris entre 0,02 et 0,05 pour 74% de leur nombre; les pseudhémoblastes proviennent de la division des hémoblastes vrais et le passage graduel d'un élément hémoblastique d'une catégorie à l'autre semble devoir être complètement écarté.

J'ai étendu, particulièrement chez *A. pallidum*, les mesures du noyau et du nucléole quand il existe, aux cellules du tissu conjonctif, aux grandes cellules tunicières que j'ai précédemment définies ([2]), ainsi qu'aux lymphocytes et amibocytes (ces derniers provenant des lymphocytes par simple accroissement cytoplasmique sans modification du noyau). Entre autres conclusions, il ressort de l'étude comparée des polygones de variation relatifs à ces différentes catégories d'éléments que : *a.* les lymphocytes proviennent de la division d'hémoblastes vrais très jeunes; *b.* les cellules du mésenchyme des zoïdes proviennent pour la plupart de pseudhémoblastes qui se sont immobilisés, mais les hémoblastes vrais très jeunes sont également susceptibles de se transformer en cellules fixes du mésenchyme; *c.* les grandes cellules tunicières dérivent exclusivement de pseudhémoblastes qui ont émigré, à travers l'épiderme des zoïdes, dans la tunique. La chute du rapport n/Nt au-dessous d'une certaine valeur paraît incompatible avec l'état libre d'un pseudhémoblaste donné, qui passe alors à l'état fixé, soit dans le mésenchyme, soit dans la tunique. L'étude de la courbe de croissance du nucléole en fonction du noyau chez les hémoblastes vrais, et les mensurations effectuées sur des hémoblastes vrais en voie d'amitose, montrent que le nucléole s'accroît plus vite que le noyau. Cette dysharmonie a pour résultat d'élever progressivement le rapport n/Nt. Quand celui-ci atteint une valeur voisine, pour *A. pallidum*, de 0,15, la division amitotique survient et l'hémoblaste parvenu ainsi au terme de sa croissance donne deux nouveaux hémoblastes vrais très jeunes. Ceux-ci peuvent évoluer suivant quatre directions : *a.* conserver leur caractère d'hémoblastes vrais et reprendre leur croissance jusqu'à se diviser comme l'hémoblaste qui leur a donné naissance; *b.* se diviser pour donner deux pseudhémoblastes; *c.* se diviser pour donner deux lymphocytes; *d.* s'immobiliser dans le mésenchyme (ce qui est plus rare).

L'existence de deux catégories de cellules hémoblastiques étant ainsi indiscutablement démontrée pour les *Didemnidæ*, *Polyclinidæ* et *Pyrosomidæ*, j'ai pensé que peut-être les pseudhémoblastes existaient également chez les Ascidies simples et m'avaient échappé. Examinant des jeunes de *Ciona intestinalis*, *Ascidia aspersa* et *Molgula oculata*, j'ai appliqué aux cellules hémoblastiques

de la dernière, qui me paraissait plus favorable, les méthodes caryométriques employées avec succès pour les Aplousobranches. Mais l'étude du polygone de variation du rapport n/Nt m'a prouvé que les pseudhémoblastes n'existent pas chez cette espèce et que les Ascidies simples n'ont bien que des hémoblastes vrais.

Les pseudhémoblastes apparaissent donc comme caractéristiques des *Didemnidæ, Polyclidinæ* et *Pyrosomidæ*. Ils y remplacent, dans une certaine mesure, les lymphocytes, en général rares, et sont à l'origine de nombreuses catégories d'éléments libres, cytoplasmiquement très variées, mais que leur noyau de type pseudhémoblastique classe comme des éléments pseudo-sanguins différents des éléments sanguins vrais dérivés des lymphocytes. Ces derniers existent seuls chez les Ascidies simples, tandis que, chez les Aplousobranches composées, la plupart des éléments libres de l'hémolymphe des zoïdes sont des éléments pseudo-sanguins qui constituent en somme un véritable mésenchyme non cohérent. L'état présent de mes recherches ne me permet pas encore de préciser si cette différence de nature des éléments libres est en rapport avec le caractère primitif des Aplousobranches, ou en rapport avec la présence de la tunique commune, qui, peuplée par les éléments pseudo-sanguins venus de l'hémolymphe des zoïdes, constitue un véritable *conjonctif physiologique* périphérique commun aux zoïdes d'un même cormus.

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Métabolisme intermédiaire et glycuroconjugaison des estrogènes.* Note (¹) de Mlle **Odette Crépy**, présentée par M. Robert Courrier.

Il est bien établi que l'hormone folliculaire subit au niveau du foie un métabolisme de détoxication. De nombreux travaux ont donné la preuve qu'elle était en partie inactivée par oxydation.

D'autre part une fraction de cette hormone se trouve éliminée dans l'urine sous la forme glycuroconjuguée. Cependant la preuve expérimentale de la conjugaison des estrogènes naturels avec l'acide glycuronique n'a pas été fournie, tous les essais effectués dans ce sens ayant échoué. Dans le but de mettre en évidence cette conjugaison *in vitro* par le tissu hépatique, nous avons appliqué la technique décrite par nous dans une Communication précédente, à l'étude de l'estrone, de l'estradiol et de l'estriol.

Nous avons fait un nombre considérable d'essais en présence de coupes de foies de lapines, cobayes et de rats, mais nous ne présenterons ici que quelques résultats typiques des dernières expériences qui ont bénéficié des mises au point introduites au cours d'un travail de longue durée.

(¹) Séance du 30 septembre 1946.

Pour chaque série de 6 essais, les formes libres et conjuguées des estrogènes ont été séparées, des déterminations de l'acide glycuronique et de l'estrogène ont été effectuées.

Une opération complète sur un foie comporte en moyenne 10 dosages d'acide glycuronique, 20 dosages d'estrogènes et 130 extractions diverses.

La durée d'une expérience est de 10 jours environ. Chaque série de 6 essais comporte 3 témoins.

Tableau I. — Ce tableau a trait à des expériences réalisées avec des foies de lapines sur les 3 estrogènes naturels. Les résultats de 3 expériences sur 40 coupes ont été totalisés.

TABLEAU I. — *Conjugaison* in vitro *des estrogènes par les coupes de foie de lapin.*

Milieu : Solution de Ringer, pH 7,2; estrogène, 4^{mg} %. Durée de l'expérience : 2 heures 30 minutes à 38°,5; atmosphère de O_2.

	Estrogène.			Acide glycuronique.		
Foies de lapines adultes, épaisseur coupes : 0^{mm},5 env.	Pour 120 coupes (γ).	Récupération (%).	Coefficient de conjugaison.	Pour 120 coupes (γ).	Équivalent en estrogène.	Coefficient de conjugaison.
Estrone libre précipité...	720	12				
» » en solution.	530	8,9				
» combiné........	1 030	17,1	0,73	430	600	0,52
Total.......	2 280	38,0				
Estradiol libre précipité...	320	5				
» » en solution.	575	9,5				
» combiné........	2 240	37,5	1,46	1 690	2 310	1,44
Total.......	3 035	52,0				
Estriol libre précipité...	0					
» » en solution.	1 340	24				
» combiné........	1 970	36	1,6	1 230	1 720	1,38
Total.......	3 310	60				(Pertes, 0,2 env.)

Coefficient de conjugaison = nombre de milligrammes d'estrogène combiné par gramme de foie sec.

Le tableau est divisé en deux parties, présentant, à gauche, les dosages d'estrogène, à droite, les dosages d'acide glycuronique.

On voit que, pour l'estriol et l'estradiol, la correspondance entre les résultats des deux parties est satisfaisante et que plus du tiers de l'hormone ajoutée est glycuroconjuguée.

Pour l'estrone, le résultat obtenu à partir du dosage de l'estrogène est supérieur à celui de l'acide glycuronique, comme si une partie de cette hormone était conjuguée à une autre substance, vraisemblablement à l'acide sulfurique. Compte tenu des pertes inhérentes aux extractions, on constate que l'estriol est relativement peu détruit, l'estradiol un peu plus et l'estrone encore davantage.

Tableau II. — Ce tableau a trait à une série d'expériences réalisées sur le foie de cobaye et montre l'influence de la concentration du milieu en estrogènes sur leur taux de

conjugaison. Il ne fait mention que des dosages d'estrogènes libres et combinés effectués sur les différentes fractions. L'activité du foie de cobaye est, pour des teneurs en estrogènes identiques, comparable à celle du foie de lapin, si l'on rapporte les résultats à 1g de foie sec.

TABLEAU II. — *Influence de la concentration du milieu en estrogènes sur leur conjugaison* in vitro.

Milieu : Solution de Ringer, pH 7,2; atmosphère de O_2. Durée de la réaction : 2 heures 30 minutes à 38°,5.

	Estrogène.					
	Libre.			Combiné.		
Foies de cobayes.	Estrogène pour 50cm³ de solution (γ).	En solution pour 40 coupes (γ).	Récupération (%).	Pour 40 coupes (γ).	Récupération (%).	Coefficient de conjugaison.
Estrone (♀ adulte)....	250	20	8,4	110	43	0,4
	500	30	6	185	37	0,9
	1000	80	8	210	20	0,8
	1500	120	8	150	10	0,81
	2000	160	8	170	8,5	0,95
Estradiol (♀ adulte)....	500	80	16	150	30	0,79
	1000	75	7,5	300	30	1,24
	1500	300	20	340	22,5	1,52
	2000	400	20	390	19,5	1,61
Estriol (♂ jeune).....	500	260	52	90	18	0,8
	1000	425	42,5	215	21,5	2
	1500	710	47	375	25	3,2
» (♀ très jeune).	1000	450	45	285	28,5	1,18
	1500	680	45	295	19,5	1,4
	2000	1010	50	310	15,5	1,75

Ces expériences fournissent la preuve expérimentale de la glycuroconjugaison hépatique des estrogènes.

La séance est levée à 15h50m.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 OCTOBRE 1946.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Wander Johannes de Haas**, Correspondant de l'Académie, Directeur du Laboratoire Kamerlingh Onnes à Leyde, **Thorvald Madsen**, Délégué du Danemark à l'Office International d'Hygiène, **Z. Rauszer**, Directeur du Bureau National des Mesures de Varsovie, **Pierre Sergescu**, Recteur de l'École Polytechnique de Bucarest, qui assistent à la séance.

M. **Albert Portevin** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage émanant de la Commission technique des états et propriétés de surface des métaux dont il est le Président et intitulé *Journées des états de surface. Paris, 23-26 octobre* 1945.

NOMINATIONS.

Par l'unanimité des suffrages, M. **Emmanuel Leclainche** est désigné pour faire partie du Conseil d'Administration de l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort.

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur la transformation des équations de la dynamique.* Note (¹) de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Henri Villat.

I. Dans un travail récent (²), M. T. Y. Thomas a complètement résolu le vieux problème de la transformation des équations de la dynamique dans le cas de systèmes à liaisons indépendantes du temps. Ce problème avait fait l'objet de nombreux travaux de Painlevé, Levi-Civita, Stækel (³) etc., qui n'avaient pas réussi à l'éclaircir complètement.

(¹) Séance du 21 octobre 1946.

(²) *Journ. of Math. and Phys.*, 25, 1946, p. 191.

(³) Painlevé, *Journ. de Math.*, 4ᵉ série, 10, 1894, p. 5; Levi-Civita, *Ann. di Matem.*, 2ᵉ série, 24, 1896, p. 10.

Je me suis proposé de résoudre le même problème dans le cas le plus général, c'est-à-dire dans le cas de systèmes dynamiques à liaisons dépendant du temps, mais dont la force vive et les forces généralisées ne dépendent pas explicitement du temps, cette dernière restriction étant imposée par la forme même du problème. Mes notations sont aussi voisines que possible de celles de M. T. Y. Thomas.

Considérons deux systèmes dynamiques D et E à $n(>2)$ degrés de liberté admettant les forces vives respectives

$$2T = g_{\alpha\beta}\frac{dx^\alpha}{dt}\frac{dx^\beta}{dt} + 2a_\alpha\frac{dx^\alpha}{dt} + A; \qquad 2\Theta = h_{\alpha\beta}\frac{dx^\alpha}{d\tau}\frac{dx^\beta}{d\tau} + 2b_\alpha\frac{dx^\alpha}{d\tau} + B,$$

où les différents coefficients ne dépendent que des x^α et non du temps. Si nous introduisons les deux espaces riemanniens d'éléments linéaires

$$(1) \qquad (D)\quad ds^2 = g_{\alpha\beta}\,dx^\alpha\,dx^\beta; \qquad (E)\quad d\sigma^2 = h_{\alpha\beta}\,dx^\alpha dx^\beta$$

et de discriminants g et h, les équations du mouvement de D et E peuvent s'écrire

$$(2) \qquad \begin{cases} (D) & \dfrac{d^2x^\alpha}{dt^2} + \Gamma^\alpha_{\beta\gamma}\dfrac{dx^\beta}{dt}\dfrac{dx^\gamma}{dt} + a_\rho{}^\alpha\dfrac{dx^\rho}{dt} = Q^\alpha, \\ (E) & \dfrac{d^2x^\alpha}{d\tau^2} + \Lambda^\alpha_{\beta\gamma}\dfrac{dx^\beta}{d\tau}\dfrac{dx^\gamma}{d\tau} + b_\rho{}^\alpha\dfrac{dx^\rho}{d\tau} = R^\alpha, \end{cases}$$

où les Γ et Λ sont les symboles de Christoffel relatifs à (1), où les Q^α, R^α ne dépendent que des x^ρ et où

$$(3) \qquad a_\rho{}^\alpha = g^{\alpha\sigma}a_{\rho\sigma}; \qquad b_\rho{}^\alpha = h^{\alpha\sigma}b_{\rho\sigma}; \qquad (a_{\rho\sigma} + a_{\sigma\rho} = 0; \qquad b_{\rho\sigma} + b_{\sigma\rho} = 0).$$

Dans le cas considéré $a_{\rho\sigma} = \partial_\rho a_\sigma - \partial_\sigma a_\rho$, $b_{\rho\sigma} = \partial_\rho b_\sigma - \partial_\sigma b_\rho$. Nous envisagerons systématiquement dans la suite tous les systèmes dynamiques dont les équations peuvent se mettre sous la forme (2), $a_{\rho\sigma}$ désignant un tenseur antisymétrique quelconque ne dépendant que des x^ρ.

Le problème proposé peut alors s'énoncer de la manière suivante : *le système* D *étant donné, à quelles conditions toute trajectoire de* E *est-elle une trajectoire de* D (*indépendamment de la loi du mouvement*)? *En particulier à quelles conditions les trajectoires de* D *et* E *sont-elles identiques?* Nous supposerons essentiellement les paramètres t et τ *réels*. Le cas traité par Thomas est le *cas restreint* où $a_{\rho\sigma} = b_{\rho\sigma} = 0$.

II. Si D et E admettent les mêmes trajectoires, Q^α et R^α sont proportionnels et par suite s'annulent simultanément. Nous nous placerons dans une région dans laquelle aucun de ces vecteurs ne s'annule. Cela posé, mes résultats sont les suivants :

THÉORÈME I. — *Étant donné un système dynamique* D *pour lequel* $a_{\rho\sigma} = 0$, *il n'existe aucun système* E *pour lequel* $b_{\rho\sigma} \neq 0$ *et tel que toute trajectoire de* E *soit trajectoire de* D.

THÉORÈME 2. — *Étant donné un système dynamique* D *pour lequel* $a_{\rho\sigma} \neq 0$, *pour qu'il existe un système* E *tel que toute trajectoire de* E *soit trajectoire de* D, *il faut et il suffit qu'il existe un vecteur* K_ρ (*pouvant s'annuler identiquement*) *tel que*

(*a*) $$R^\alpha = \chi^2 Q^\alpha;$$

(*b*) $$b_\rho{}^\alpha = -\chi a_\rho{}^\alpha + K_\rho Q^\alpha,$$

(*c*) $$\Lambda_{\mu\nu}^{\alpha} - \Gamma_{\mu\nu}^{\alpha} = \delta_\mu^\alpha \varphi_\nu + \delta_\nu^\alpha \varphi_\mu - \frac{1}{4\chi^2} K_\mu K_\nu Q^\alpha + \frac{1}{4\chi}(K_\mu a_\nu{}^\alpha + K_\nu a_\mu{}^\alpha),$$

(*d*) $$\frac{1}{2\chi} K_\rho \frac{dx^\rho}{dt} = \text{const.}$$

ou

(*d'*) $$\frac{1}{2}\left(\frac{g}{h}\right)^{\frac{1}{n-2}} K_\rho \frac{dx^\rho}{dt} - \varepsilon\left(\frac{g}{h}\right)^{\frac{1}{n-2}} = \text{const.}$$

est une intégrale première de D, *où l'on a posé respectivement*

(*e*) $$\chi = C\left(\frac{g}{h}\right)^{\frac{1}{n-1}}$$

ou

(*e'*) $$\chi = \varepsilon = \pm 1.$$

THÉORÈME 3. — *Dans les conditions du théorème* 2, *les trajectoires de* D *et* E *sont identiques*.

On notera que le groupe de conditions (*d'*), (*e'*) du théorème 2 est entièrement nouveau par rapport aux conditions du cas restreint. On notera aussi qu'à l'intégrale première quadratique du cas restreint se trouve substituée ici une intégrale première linéaire. Une intégrale première quadratique joue aussi un rôle dans le présent cas; mais il se trouve qu'elle est toujours le carré de l'intégrale première (*d*) ou (*d'*). C'est ce qui explique pourquoi, dans le cas restreint, il est possible que toute trajectoire de E soit trajectoire de D sans que la réciproque soit vraie, tandis que, dans le cas général, il n'en est pas ainsi. Les démonstrations détaillées qui sont assez longues seront exposées dans un autre périodique.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur certaines identités où interviennent les produits de fonctions d'ondes*. Note de M. **ROBERT POTIER.**

Soient [1] deux fonctions d'onde $\Psi'^{p}_{k}{}^{q}_{h}$, des variables x_1, y_1, z_1, t_1, et $\Phi'^{l}_{r}{}^{m}_{s}$, des variables x_2, y_2, z_2, t_2. Formons le spineur

$$\chi^{p+l-2\alpha}_{r}{}^{q+m-2\beta}_{s} = \mathcal{L}_{\alpha\,\beta}(\Psi^{p\,q}; \Phi^{l\,m}) = \sum_k \sum_h {}^{p}_{l}{}^{q}_{m}{}_{\alpha\,\beta}\Lambda^{k}_{r}{}^{h}_{s}\, \Psi^{p}_{k}{}^{q}_{h} \Phi_{\alpha+r-k}{}^{m}_{\beta+s-h},$$

(1) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 638-640.

où les Λ sont définis par

$$\begin{smallmatrix} p & q \\ l & m \\ \alpha & \beta \end{smallmatrix}\Lambda^{k\ h}_{r\ s} = \sum_{i,j} \frac{C^{k-i}_{p-\alpha}\, C^{r-k+i}_{l-\alpha}\, C^{h-j}_{q-\beta}\, C^{s-h+j}_{m-\beta}\, C^{i}_{\alpha}\, C^{j}_{\beta}\, (-1)^{i+j}}{C^{r}_{p+l-2\alpha}\, C^{s}_{q+m-2\beta}} \cdot (-1)^{\beta}$$

Avec $0 \leq \alpha \leq {}^{p}_{l}$, $0 \leq \beta \leq {}^{q}_{m}$.

Dans les sommations, on prend

$$\begin{matrix} 0 \\ r+\alpha-l \end{matrix} \leq k \leq \begin{matrix} r+\alpha \\ p \end{matrix} \qquad \begin{matrix} 0 \\ s+\beta-m \end{matrix} \leq h \leq \begin{matrix} s+\beta \\ q \end{matrix},$$

$$\left.\begin{matrix} k-r \\ \alpha+k-p \\ 0 \end{matrix}\right\} \leq i \leq \left\{\begin{matrix} l+k-\alpha-r \\ k \\ \alpha \end{matrix}\right.,$$

$$\left.\begin{matrix} h-s \\ \beta+h-q \\ 0 \end{matrix}\right\} \leq j \leq \left\{\begin{matrix} m+h-\beta-s \\ h \\ \beta \end{matrix}\right..$$

Nous introduisons ainsi une forme bilinéaire $\mathcal{L}_{\alpha\beta}(\Psi^{pq}; \Phi^{lm})$, qui possède la propriété exprimée par

$$\mathcal{L}_{\alpha\beta}(\Psi^{pq}; \Phi^{lm}) = (-1)^{\alpha+\beta} \mathcal{L}_{\alpha\beta}(\Phi^{lm}; \Psi^{pq}):$$

Ψ et Φ satisfont à certains systèmes (S) d'équations aux dérivées partielles du premier ordre, faisant intervenir les opérateurs A précédemment introduits.

On peut chercher à déterminer, à partir des équations (S), les équations vérifiées par les formes bilinéaires $\mathcal{L}_{\alpha\beta}$.

La solution d'un tel problème revêt un certain intérêt en Mécanique ondulatoire des systèmes de corpuscules.

Elle est complètement donnée à partir des identités suivantes, faisant intervenir les formes $\mathcal{L}_{\alpha\beta}$ et les opérateurs A (dans ces identités $P = p + l - 2\alpha$, $Q = q + m - 2\beta$).

1° $$\mathcal{L}_{\alpha\beta}\left(A^{p\ q}_{-\ -}\Psi^{pq}; \Phi^{lm}\right) = A^{P\ Q}_{-\ -}\mathcal{L}_{\alpha\beta}(\Psi^{pq}; \Phi^{lm}) - \frac{(l-\alpha)(m-\beta)}{PQ} A^{P-2\ Q-2}_{+\ \ \ +}\mathcal{L}_{\alpha+1\,\beta+1}(\Psi^{pq}; \Phi^{lm}) + \frac{m-\beta}{Q} A^{P\ Q-2}_{-\ \ \ +}\mathcal{L}_{\alpha\,\beta+1}(\Psi^{pq}; \Phi^{lm}) + \frac{l-\alpha}{P} A^{P-2\ Q}_{+\ \ \ -}\mathcal{L}_{\alpha+1\,\beta}(\Psi^{pq}; \Phi^{lm}).$$

2° $$\mathcal{L}_{\alpha+1\,\beta+1}\left(A^{p\ q}_{+\ +}\Psi^{pq}; \Phi^{lm}\right)$$
$$= -\frac{(\alpha+1)(\beta+1)}{(p+1)(q+1)} A^{P\ Q}_{-\ -}\mathcal{L}_{\alpha\beta}$$
$$+ \left[1 - \frac{(\alpha+1)(l-\alpha)}{(p+1)P} - \frac{(\beta+1)(p-\alpha)(m-\beta)(P+\alpha+1)}{(p+1)P(q+1)Q}\right] A^{P-2\ Q-2}_{+\ \ \ +}\mathcal{L}_{\alpha+1\,\beta+1}(\Psi^{pq}; \Phi^{lm})$$
$$+ \frac{(\alpha+1)(q-\beta)(Q+\beta+1)}{(p+1)(q+1)Q} A^{P\ Q-2}_{-\ \ \ +}\mathcal{L}_{\alpha\,\beta+1}(\Psi^{pq}; \Phi^{lm})$$
$$+ \frac{(\beta+1)(p-\alpha)(P+\alpha+1)}{(p+1)(q+1)P} A^{P-2\ Q}_{+\ \ \ -}\mathcal{L}_{\alpha+1\,\beta}(\Psi^{pq}; \Phi^{lm}).$$

$$
\begin{aligned}
3^{\circ}\quad \mathcal{L}_{\alpha\;\beta-1}(\mathrm{A}^{p\;q}_{-\;+}\Psi^{p\;q};\,\Phi^{l\;m}) = & -\frac{\beta+1}{q+1}\mathrm{A}^{\mathrm{P}\;\mathrm{Q}}_{-\;-}\mathcal{L}_{\alpha\;\beta}(\Psi^{p\;q};\,\Phi^{l\;m}) \\
& -\frac{l-\alpha}{\mathrm{P}}\left(1-\frac{\beta+1}{q+1}\;\frac{m-\beta}{\mathrm{Q}}\right)\mathrm{A}^{\mathrm{P}-2\;\mathrm{Q}-2}_{+\;\;\;+}\mathcal{L}_{\alpha+1\;\beta+1}(\Psi^{p\;q};\,\Phi^{l\;m}) \\
& +\left(1-\frac{(\beta+1)\;\;(m-\beta)}{\mathrm{Q}\;\;(q+1)}\right)\mathrm{A}^{\mathrm{P}\;\mathrm{Q}-2}_{-\;\;+}\mathcal{L}_{\alpha\;\beta+1}(\Psi^{p\;q};\,\Phi^{l\;m}) \\
& -\frac{\beta+1}{q+1}\;\frac{l-\alpha}{\mathrm{P}}\mathrm{A}^{\mathrm{P}-2\;\mathrm{Q}}_{+\;\;\;-}\mathcal{L}_{\alpha+1\;\beta}(\Psi^{p\;q};\,\Phi^{l\;m});
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
4^{\circ}\quad \mathcal{L}_{\alpha+1\;\beta}(\mathrm{A}^{p\;q}_{+\;-}\Psi^{p\;q};\,\Phi^{l\;m}) = & -\frac{\alpha+1}{p+1}\mathrm{A}^{\mathrm{P}\;\mathrm{Q}}_{-\;-}\mathcal{L}_{\alpha\beta}(\Psi^{p\;q};\,\Phi^{l\;m}) \\
& -\frac{m-\beta}{\mathrm{Q}}\left(1-\frac{\alpha+1}{p+1}\;\frac{l-\alpha}{\mathrm{P}}\right)\mathrm{A}^{\mathrm{P}-2\;\mathrm{Q}-2}_{+\;\;\;+}\mathcal{L}_{\alpha+1\;\beta+1}(\Psi^{p\;q};\,\Phi^{l\;m}) \\
& -\frac{(\alpha+1)\;\;(m-\beta)}{(p+1)\;\;\mathrm{Q}}\mathrm{A}^{\mathrm{P}\;\mathrm{Q}-2}_{-\;\;+}\mathcal{L}_{\alpha\beta+1}(\Psi^{p\;q};\,\Psi^{l\;m}) \\
& +\left(1-\frac{(\alpha+1)\;\;(l-\alpha)}{(p+1)\;\;\mathrm{P}}\right)\mathrm{A}^{\mathrm{P}-2\;\mathrm{Q}}_{+\;\;\;-}\mathcal{L}_{\alpha+1\;\beta}(\Psi^{p\;q};\,\Phi^{l\;m}).
\end{aligned}
$$

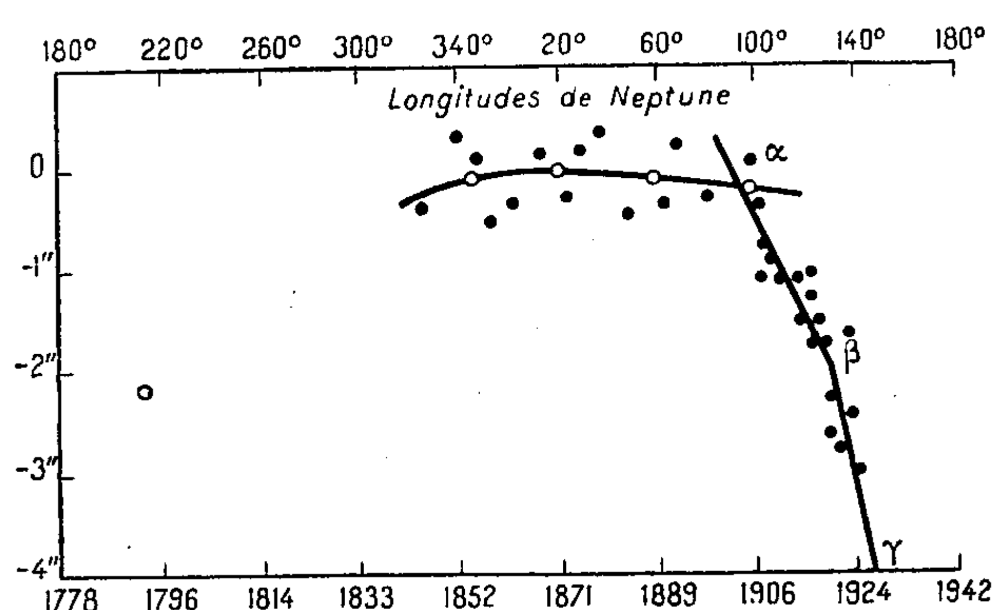
Dans ces identités, les **A** sont formés à partir des dérivations partielles en x_1, y_1, z_1, t_1.

On pourrait obtenir des identités analogues, faisant jouer les x_2, y_2, z_2, t_2, en échangeant les rôles respectifs de $\Psi^{p\;q}$ et $\Phi^{l\;m}$.

Il est bien évident, d'autre part, qu'à chacune des identités 1°, 2°, 3° et 4°, doit être associée celle qu'on obtient en permutant les indices supérieurs et inférieurs des $\Psi^{p\;q}_{h\;k}$ et $\Phi^{l\;m}_{r\;s}$, ainsi que les indices des A.

ASTRONOMIE. — *Nouveaux aperçus sur la planète transplutonienne* X. Note (¹) de M. **Émile Sevin**.

Nous reproduisons ci-dessous le diagramme des résidus des perturbations brutes de Neptune, sur lequel *Pickering* a tracé la ligne brisée $\alpha\beta\gamma$: les deux jarrets α et β correspondent respectivement, avons-nous signalé, aux effets maxima de Pluton et de X (²).



(¹) Séance du 21 octobre 1946.

(²) Voir *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 469.

1° *Étude d'une orbite elliptique de* X. — Nous avons pris les repères suivants. Sur Uranus : *a*. le maximum de 1870, ou plutôt de 1868,5, cette légère correction ayant eu pour objet de nous mettre en très bon accord avec l'indication donnée par la courbe figurée par Lowell à travers les résidus de Gaillot; *b*. le maximum, relevé par Pickering dans les résidus de Le Verrier, qui s'est produit 107 ou 108 ans plus tôt, soit en 1761,0; d'après le calcul effectué par Kourganoff, des perturbations d'Uranus par Pluton, ces deux maxima ne sont certainement pas dus à cette dernière planète. Sur Neptune le jarret β, dont l'époque est 1919,5.

Ainsi, nous nous sommes trouvé avoir à rechercher les éléments d'une orbite définie par trois positions séparées par de longs intervalles. Nous avons opéré par approximations successives; et, comme l'excentricité s'est montrée notable, ce n'est qu'au cours de notre travail que nous avons pu préciser les longitudes de X aux trois époques en cause; au moment d'un maximum, le décalage de la longitude de la planète perturbatrice, par rapport à celle de la planète perturbée, est en effet fonction du rapport des rayons vecteurs.

En utilisant l'écliptique et l'équinoxe moyens de 1947,0, voici quelles ont été finalement nos données. Longitudes : 348°,7 en 1761,0; 83°,7 en 1868,5; 112°,1 en 1919,5. Nous en avons déduit les éléments orbitaux :

Longitude du périhélie	0°,7	
Époque du passage au périhélie	1772,76	
Demi-grand axe	77,755	unités astronomiques
Période de révolution	685,65	années juliennes
Excentricité	0,300	

Il s'ensuit qu'en définitive la longitude de X en 1947,0 vaudra

$$\boxed{124°,4}\ ;$$

elle diffère de 5°,9 de celle à laquelle nous sommes parvenu en recourant à une orbite circulaire (130°,3).

Maintenant on remarquera que, dans tout ce qui précède, aucune considération cosmogonique n'intervient. La Cosmogonie et la Mécanique céleste montrent donc, *indépendamment l'une de l'autre*, qu'il existe une *même* planète transplutonienne : pour la période de révolution, nous avons trouvé en effet 677 années par la Cosmogonie et 685,65 par la Mécanique céleste; l'accord est réalisé à environ 1 % près.

2° *La masse de Pluton et la magnitude de* X. — La masse de Pluton a été déterminée, à partir des résidus des perturbations de Neptune, par S. B. Nicholson et N. U. Mayall ([3]). Ces astronomes ont obtenu

$$(0,94 \pm 0,25)\, m_{\delta}\ ;$$

([3]) *The astrophysical Journal*, 73, 1931, p. 8.

mais ils ont bien précisé qu'il se présentait une difficulté touchant l'état physique de la planète, que la masse la plus probable devait être estimée à l'extrême limite inférieure, aux environs de $0,66 m_{\oplus}$, faute de quoi Pluton aurait une densité ou un albedo anormal.

Or, la question se trouve posée de façon bien différente si ce sont deux planètes qui agissent au maximum, à bref intervalle, sur Neptune. Répartissant la masse moyenne $0,94 m_{\oplus}$ au prorata des variations respectives de la dérivée en α et β, il vient

$$\frac{3}{7} 0,94 m_{\oplus} = 0,40 m_{\oplus}, \qquad \frac{4}{7} 0,94 m_{\oplus} = 0,54 m_{\oplus}.$$

La première de ces grandeurs n'est autre que la masse de Pluton, et il apparaît que celui-ci ne constitue nullement un astre exceptionnel dans le système solaire. Quant à la seconde grandeur, c'est la masse fictive de la planète X, supposée ramenée à la distance de Pluton : il lui correspond une masse valant $11,6 m_{\oplus}$ applicable à la distance réelle; tout en restant notable, elle est 3,6 fois plus faible que celle qui résulte des calculs de Gaillot.

En conséquence, en admettant que X et Pluton aient même densité et même albedo, le rapport de leurs distances étant actuellement voisin de 2,2, celui de leurs luminosités apparentes serait

$$\frac{1}{(2,2)^4}\left(\frac{11,6}{0,40}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,40;$$

et c'est dire que l'on peut s'attendre à ce que la magnitude de X dépasse d'environ une unité celle de Pluton.

Si toutefois la découverte physique de X présentait quelques difficultés, une circonstance heureuse permettrait encore d'en déceler l'existence. Cette planète est présentement à peu près en conjonction avec Pluton, et l'on peut prédire que, dans un proche avenir, les perturbations qu'elle provoque sur ce dernier passeront par un maximum qui sera suivi d'une dépression marquée.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la possibilité d'un effet photoélectrique des multiphotons*. Note (¹) de M. **Mieczyslaw Wolfke.**

Dans une série de publications antérieures (²) j'ai montré que, au point de vue thermodynamique, le rayonnement de Planck peut être considéré comme une somme de rayonnements partiels de Wien, indépendants les uns des autres de telle façon que la densité u du rayonnement de Planck peut s'écrire

$$u = \sum_{i=1}^{i=\infty} \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} e^{-\frac{ih\nu}{kT}} = \sum_{i=1}^{i=\infty} n_i ih\nu, \tag{1}$$

(¹) Séance du 21 octobre 1946.

(²) *Verh. d. D. Phys. Ges.*, **15**, 1913, pp. 1123, 1215; *Phys. Zeits.*, **15**, 1914, pp. 308-463; **22**, 1922, p. 375; *Zeits. Phys.*, **61**, 1930, p. 725.

où

$$n_i = \frac{8\pi\nu^2}{c^3}\,\frac{e^{-\frac{ih\nu}{kT}}}{i}. \quad (2)$$

Du point de vue statistique de la théorie des photons d'Einstein, chacun de ces rayonnements partiels peut être considéré comme un gaz photonique de quanta multiples d'énergie $ih\nu$ de densité n_i. Nous appellerons dans cette Note ces quanta multiples *multiphotons*.

Récemment j'ai montré [3] qu'en se basant sur cette hypothèse on peut calculer directement les fluctuations d'énergie du rayonnement de Planck et obtenir exactement la formule démontrée pour la première fois par Einstein [4], qui se basait seulement sur les lois thermodynamiques du rayonnement.

On voit ainsi que, dans les fluctuations d'énergie rayonnante, les multiphotons se comportent comme particules d'énergie. Ce fait suggère l'idée que les multiphotons $ih\nu$, dans leurs collisions avec les photoélectrons, agiront de la même façon que les photons simples $h\nu$, c'est-à-dire qu'ils rendront toute leur énergie à l'électron photoélectrique. Dans ce cas l'équation photoélectrique, bien connue d'Einstein, prendra pour les multiphotons la forme suivante :

$$ih\nu = A + eU, \quad (3)$$

où A est le travail de sortie d'un électron et eU son énergie cinétique.

En se basant sur la formule (3), on peut facilement vérifier notre hypothèse par la méthode de mesure de la vitesse des électrons photoélectriques, au moyen de leur potentiel de freinage U.

Comme il résulte de la formule (2), quand le nombre i augmente, la quantité n_i des multiphotons dans le rayonnement de Planck diminue rapidement. C'est pourquoi nous allons traiter seulement le cas des multiphotons doubles, d'énergie $2h\nu$.

D'après la formule (2) le rapport de la densité n_2 de multiphotons $2h\nu$ à n_1 de photons simples $h\nu$ sera

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{2}\,e^{-\frac{1,44}{\lambda T}}, \quad (4)$$

où $h = 6,62.10^{-27}$ erg-sec; $k = 1,38.10^{-16}$ erg/degré et où l'on a remplacé la fréquence ν par la longueur d'onde λ, exprimée en centimètres.

Le tableau ci-après nous donne les valeurs du rapport n_2/n_1 en pour 100 de n_1, calculées pour les rayonnements des différentes classes des étoiles chaudes, dans le domaine rouge du spectre visible, c'est-à-dire pour $\lambda = 0^\mu,8$.

(3) *Helv. Acta Physica*, **19**, 1946, p. 438.

(4) *Phys. Zeits.*, **10**, 1909, p. 185.

Classe des étoiles.	Température en °K.	n_2/n_1 en % de n_1.
B	21000	21,2
A	13000	12,4
F	8000	5,3
S (Soleil)	6000	2,5
K	4000	0,6
M	3000	0,1

Nous voyons alors que pour le rayonnement du Soleil le rapport n_2/n_1 devient dans notre cas 2,5 %, ce que l'on peut déjà constater expérimentalement au moyen d'une cellule photoélectrique sensibilisée pour le domaine rouge du spectre visible.

En prenant comme source du rayonnement de Planck les étoiles des classes B, A ou F, on obtiendra des résultats plus décisifs.

On voit alors que l'expérience photoélectrique proposée ici pourra donner une preuve de notre hypothèse des multiphotons dans le rayonnement de Planck.

CHANGEMENTS D'ÉTAT. — *Influence d'une faible quantité d'alumine sur le point de fusion commençante du quartz.* Note (1) de Mlle **Célia Martinez**, présentée par M. Charles Mauguin.

Il a été indiqué dans une Note précédente (2) une détermination nouvelle du point de fusion commençante du quartz pur. Poursuivant l'étude de la transformation


quartz → silice vitreuse,

en présence de faibles quantités d'alumine, j'ai été amenée à déterminer de la même manière le point de fusion commençante d'un quartz pur additionné de 1 pour 1000 d'alumine.

Des échantillons ont été chauffés à des températures déterminées pendant des temps croissants. Les températures ont été maintenues à ± 5°C. près à l'aide du régulateur de température à disparition de filament de G. Bouchet (3).

Dans les échantillons ainsi obtenus, le quartz restant et la cristobalite formée ont été dosés par analyse thermique différentielle précise de la transformation


quartz α → quartz β à 573°C.
cristobalite α → cristobalite β à 270°C.

En portant sur un graphique les pourcentages de quartz restant et de cristobalite

(1) Séance du 21 octobre 1946.

(2) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 612.

(3) Brevet français, n° **491 827**.

formée en fonction du temps de chauffe, j'ai obtenu les résultats suivants (*fig.* 1).

On considère par exemple les différents échantillons au bout de 1 h 30 min de chauffe; la parallèle à l'axe des ordonnées, d'abscisse $t = 1$ h 30 min de

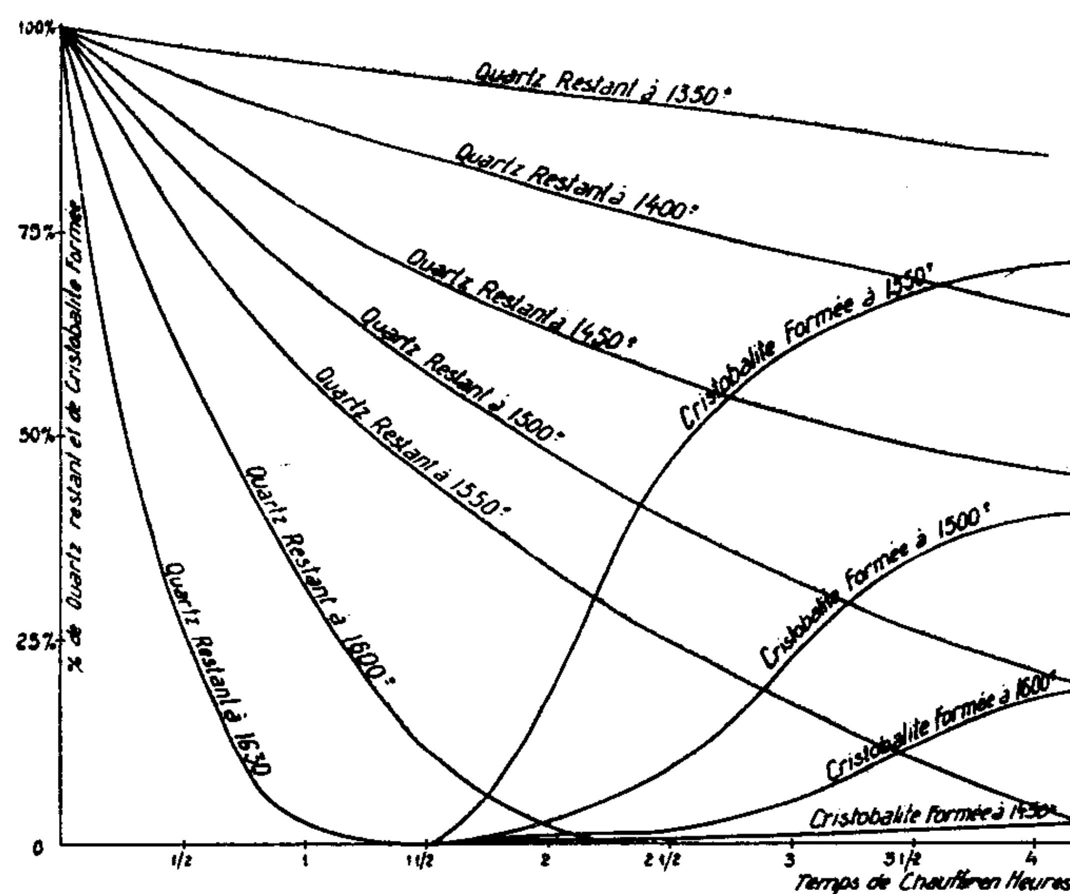


Fig. 1.

chauffe coupe les courbes en différents points pour lesquels on cherche le coefficient angulaire de la tangente, c'est-à-dire la valeur de la vitesse de transformation du quartz en fonction de la température.

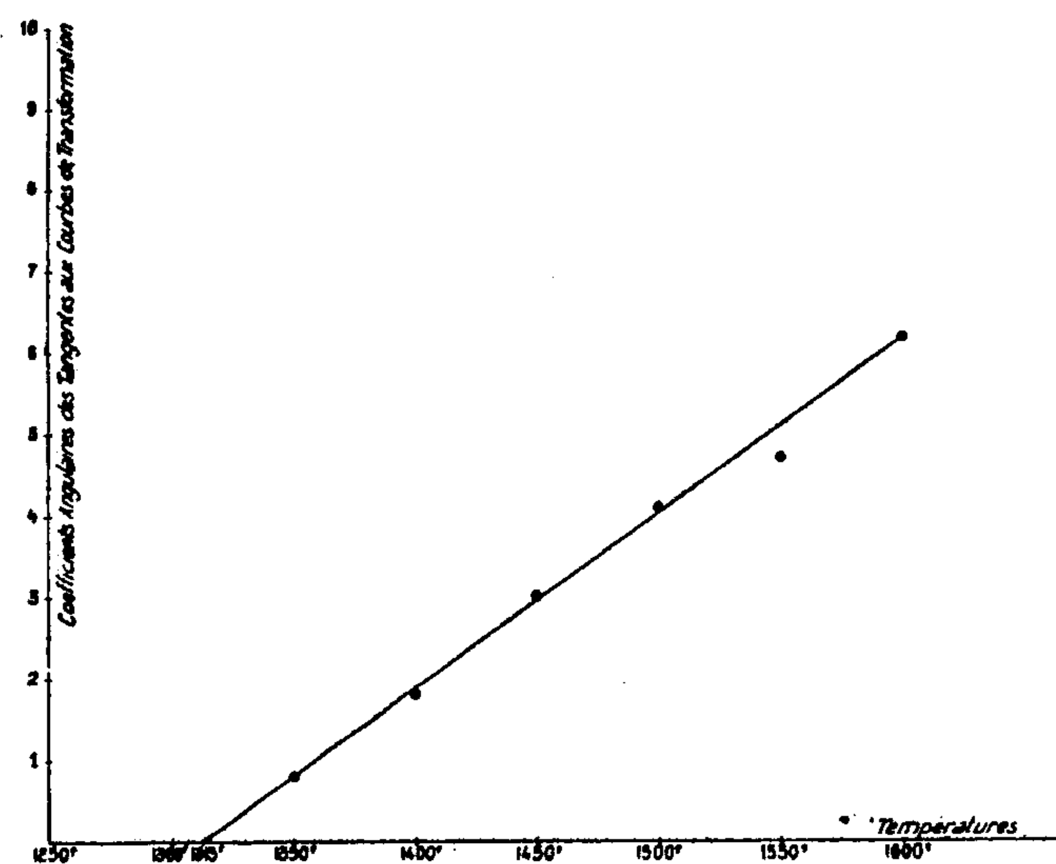


Fig. 2.

En prenant pour le coefficient angulaire de la tangente une unité arbitraire, on a les résultats suivants :

Quartz pur additionné de 1 pour 1000 d'alumine, chauffé pendant 1 h 30 min.

Température	1600	1550	1500	1450	1400	1350
Vitesse de transformation dq/dt	6,2	4,7	4,1	3,0	1,8	0,8

En portant sur un graphique la vitesse de transformation du quartz en fonction de la température pour $t = 1$ h 30 min, on a une courbe qui coupe l'axe des températures en un point correspondant à une vitesse nulle, c'est-à-dire pour le point de fusion commençante du quartz additionné de 1 pour 1000 d'alumine (*fig.* 2); on trouve de cette manière 1315°C. Il avait été trouvé pour le quartz pur 1460°C.

La présence de cette faible quantité d'alumine abaisse donc de 145°C. le point de fusion commençante du quartz.

DÉCHARGE DANS LES GAZ. — *Sur la constante de temps de l'allumage de la décharge dans les gaz raréfiés.* Note [1] de M. **Jean Moussiegt**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans une Note précédente [2] a été exposée l'influence de divers facteurs sur la valeur du courant maximum dans la décharge intermittente, en particulier l'influence de la capacité en parallèle. Nous avons essayé de retrouver cette variation par une théorie simple de l'allumage.

Admettons que, sous la tension statique d'allumage v_A, le courant pendant l'allumage soit régi par la loi

$$i = i_A(1 - e^{-\alpha t}).$$

Si la tension est maintenue constante à une valeur supérieure, nous supposerons qu'elle agit uniquement sur le coefficient i_A, qui est le courant final, mais non sur la constante de temps de l'allumage $1/\alpha$. En particulier, si la caractéristique est rectiligne et de pente $1/\rho$, cette loi de l'allumage sera

$$i = \left(i_A + \frac{v - v_A}{\rho}\right)(1 - e^{-\alpha t}).$$

Nous admettrons enfin qu'elle garde cette forme lorsque v n'est pas fixe, ce qui est le cas dans l'allumage de la décharge intermittente. En ajoutant à cette équation celle du circuit

$$i = \frac{E - v}{R} - C\frac{dv}{dt},$$

on peut théoriquement déterminer les fonctions v et i du temps t.

Ces fonctions ont une forme très complexe. Néanmoins, on retrouve pour

---

(1) Séance du 14 octobre 1946.

(2) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1479.

v la variation expérimentale, avec un maximum, v tendant ensuite vers la valeur relative au point de fonctionnement, puisque dans ce calcul l'on ne tient pas compte de l'extinction. On constate aussi, conformément à l'expérience, que ce maximum décroît lorsque la capacité C est augmentée.

Pour le courant, l'étude est plus difficile; l'on ne retrouve la variation croissante du maximum avec C que dans les cas particuliers où C est très petit ou très grand; dans le cas général, les calculs sont inextricables.

De l'étude du maximum de courant, on ne peut donc pas déduire simplement la constante de temps de l'allumage; mais nous avons découvert une autre propriété permettant d'obtenir cette constante.

Si l'on néglige l'extinction, la caractéristique dynamique de l'allumage dans le plan (v, i) (tension-courant) se termine au point de fonctionnement. Il existe une valeur critique de C

$$\frac{1}{\alpha R} + \frac{1}{\alpha \rho}.$$

Pour les valeurs supérieures de C, l'arc final de la caractéristique dynamique se raccorde à la caractéristique statique, de pente $1/\rho$, quel que soit C. Au contraire, pour les valeurs inférieures, il n'y a plus de raccordement et la pente finale est une fonction linéaire de C

$$\left(\frac{di}{dv}\right)_{\text{limite}} = C\alpha - \frac{1}{R}.$$

Si donc on représente la variation de cette pente limite avec C, on obtient une droite de pente α suivie d'un palier.

Les cycles du fonctionnement intermittent observés expérimentalement ont une branche descendante rectiligne sur une grande longueur. On peut penser que la pente est alors la pente finale de la caractéristique dynamique de l'allumage. Cela revient à admettre que les processus d'extinction agissent seulement au voisinage du point de fonctionnement.

Nous avons déterminé la pente de cet arc descendant pour un point de fonctionnement donné et différentes valeurs de C.

Dans le cas où la décharge est toujours *normale* (même au maximum de courant), la variation de la pente finale avec C est bien celle de la théorie; la courbe passe sensiblement par l'origine, $1/R$ étant négligeable devant la pente finale de la caractéristique d'allumage.

Aux capacités élevées, la décharge est *anormale* au maximum de courant, et l'on obtient seulement la branche rectiligne montante de la courbe théorique.

De la pente du segment rectiligne initial, on déduit pour les deux cas la valeur de la constante de temps $1/\alpha$ de l'allumage.

Nous avons fait le calcul pour deux points de fonctionnement :

1° $E = 400$ volts, $R = 700\,000$ ohms; courant en fonctionnement continu :

0,354 mA,

Décharge normale..................	$1,2 \cdot 10^{-3}$ seconde
» anormale..................	$0,16 \cdot 10^{-3}$ »

2° $E = 400$ volts, $R = 10^6$ ohms; courant en fonctionnement continu : 0,247 mA,

Décharge normale..................	$1,05 \cdot 10^{-3}$ seconde
» anormale..................	$0,14 \cdot 10^{-3}$ »

Les écarts entre les deux séries de résultats donnent une idée de la précision de ces mesures.

OPTIQUE. — *Détermination de fonctions pour l'amélioration des figures de diffraction dans le spectroscope.* Note (1) de M. **Pierre Boughon**, Mlle **Brigitte Dossier** et M. **Pierre Jacquinot**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. Les images données par les spectroscopes peuvent être très efficacement débarrassées des pieds produits par la diffraction, en imposant à l'onde dans le plan xoy de la pupille de sortie une répartition convenable d'amplitude $T(x)$ (fente parallèle à oy), ou en limitant cette pupille par un diaphragme de contour $y = T(x)$ (source ponctuelle, dispersion parallèle à ox). Un exemple du deuxième cas a été donné par Couder et Jacquinot (2), puis récemment Couder (3) a proposé l'emploi d'une lentille plan-concave absorbante $[T(x) = e^{-kx^2}]$. Nous avons déjà (4) montré la possibilité d'utiliser des fonctions $T(x)$ donnant les meilleures solutions de ce problème de l'*apodisation* des raies. Des Notes ont été également publiées sur un sujet voisin (images de révolution) par G. Lansraux (5) et P.-M. Duffieux (6).

2. Nous donnerons seulement dans cette Note le mode de détermination des fonctions : les résultats numériques et les modes de réalisation seront donnés dans une prochaine Note. Soient x les abscisses dans le plan de la pupille (unité : 1/2 largeur de la pupille); ξ les abscisses dans le plan de l'image (unité : 1/2 largeur de la tache de diffraction dans le cas de la transmission uniforme). La répartition de l'amplitude suivant $o\xi$ est donnée par la transformation de Fourier

$$F(\xi) = \int_{-1}^{+1} T(x)\, e^{p\pi x\xi}\, dx.$$

(1) Séance du 30 septembre 1946.
(2) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 537.
(3) *Ibid.*, **218**, 1944, p. 677.
(4) *Journal de Physique*, 8e série, **6**, 1945, p. 34 S
(5) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1434.
(6) *Ibid.*, **222**, 1946, p. 1482.

On peut aborder le problème en considérant (comme l'a aussi fait Lansraux) un *facteur de concentration* de l'énergie, dans une largeur $2b$ autour de l'image géométrique,

$$C(b) = \frac{\int_{-b}^{+b} |F(\xi)|^2 d\xi}{\int_{-\infty}^{+\infty} |F(\xi)|^2 d\xi}$$

et en cherchant les fonctions $T(x)$ qui rendent C maximum, en tenant compte, évidemment, *de la limitation du faisceau par la pupille*.

3. On peut développer $T(x)$ suivant des fonctions de base formant un système complet, orthonormé sur $(-1, +1)$, soit $T(x) = \sum_0^n a_p t_p(x)$. On a alors

$$C(b) = \frac{\sum_0^n e_{pq} a_p a_q}{\sum_0^n a_p^2} \qquad \text{avec } e_{pq} = \int_{-b}^{+b} f_p(\xi) f_q(\xi)\, d\xi$$

et

$$f_p(\xi) = \int_{-1}^{+1} t_p(x)\, e^{p\pi x\xi}\, dx.$$

Cette expression atteint un maximum pour un ensemble de valeurs a_p : le problème est celui de la détermination du plus petit axe de la quadrique à n dimensions $\sum_0^n e_{pq} a_p a_q = 1$ et ces nombres sont les racines du système linéaire homogène

$$\sum e_{pq} a_q = S_n a_p \qquad (p = 0, 1, \ldots, n).$$

S_n est la plus grande racine de l'équation en S et représente le facteur de concentration C_n relatif à la fonction T_n. On peut démontrer, en exprimant C sous forme d'intégrale double ne faisant intervenir que la fonction T, que C_n est une fonction non décroissante de n qui tend vers une limite C quand $n \to \infty$ et que T_n tend vers une fonction T_M qui est la meilleure fonction relative à l'intervalle $2b$, définie par la condition de rendre $C(b)$ maximum. Pratiquement on se limite à un petit nombre n de termes : on a alors seulement la fonction T_n qui donne la meilleure concentration parmi les fonctions développées suivant n fonctions t_p, mais non la meilleure fonction T_M, la convergence pouvant d'ailleurs être plus ou moins rapide suivant le choix des fonctions de base. Mais les résultats numériques obtenus justifient cette méthode.

4. Nous avons choisi comme fonctions de base (T étant évidemment pair) $t_p = \cos p\pi x$ pour $p \neq 0$ et $t_0 = \sqrt{2}/2$. Ces fonctions ne donnent peut-être pas la meilleure convergence, mais leurs transformées de Fourier entre -1 et $+1$ sont simples, et l'on peut les calculer facilement par des tables. On a alors

$$e_{pq} = \int_{-b}^{+b} \frac{\xi^2 \sin^2 \xi}{\xi^2 - p^2} d\xi \qquad \text{et} \qquad F_n(\xi) = \sum_0^n a_p \left[\frac{\sin \pi(\xi - p)}{\pi(\xi - p)} + \frac{\sin \pi(\xi + p)}{\pi(\xi + p)} \right].$$

Nous avons fait complètement les calculs pour les développements à deux et trois termes et pour un certain nombre de valeurs de b.

5. Une autre classe d'écrans peut être définie en cherchant à déterminer $T(x)$, de telle sorte que, pour ξ grand, $F(\xi)$ décroisse au moins comme ξ^{-k}.

La condition nécessaire et suffisante est que les $k-1$ premières dérivées de $T(x)$ soient nulles en $x = \pm 1$, la fonction T satisfaisant en outre à certaines conditions de régularité.

On peut, d'après ces conditions, calculer les coefficients d'un polynome de Fourier à $(k-1)$ termes. Nous avons fait les calculs numériques jusqu'à $k = 5$; il semble que l'intérêt de ces écrans soit limité par l'élargissement du corps de la raie.

6. Les mêmes méthodes peuvent être généralisées au cas du problème de révolution : il suffit de remplacer les $\cos p\pi x$ par $J_0(p_\nu r)$.

OPTIQUE — *Influence de la température sur l'absorption ultraviolette du nitrate de potassium en solution dans l'eau ordinaire et dans l'eau lourde.* Note (1) de Mme **Jacqueline Darmois**, présentée par M. Jean Cabannes.

Après avoir étudié l'influence de la concentration et du remplacement de l'eau ordinaire par l'eau lourde sur l'absorption ultraviolette des solutions aqueuses de nitrate de potassium (2), j'ai déterminé à différentes températures la position de la bande présentée par ces solutions.

La purification du nitrate et la préparation des solutions sont effectuées comme précédemment. J'ai opéré par spectrophotométrie photographique en utilisant des cuves soudées placées dans une enceinte munie d'un régulateur de température et chauffée par un courant d'eau provenant d'un thermostat.

J'ai ainsi mesuré dans un domaine spectral compris entre 3300 et 2600 A, et aux températures de 20, 40, 60 et 80°C., les coefficients d'extinction et les coefficients d'extinction moléculaires ε de deux solutions dans l'eau ordinaire de concentrations respectives $C = 2$ et $C = 0,01$ mol-g au litre et d'une solution dans l'eau lourde de titre $C = 2N$.

(1) Séance du 21 octobre 1946.

(2) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 616.

Les résultats obtenus pour les solutions dans l'eau ordinaire et pour la solution dans l'eau lourde ($C = 2N$) sont exposés respectivement dans les tableaux I et II. La position λ_M du maximum ε_M du coefficient d'extinction moléculaire varie avec la température comme l'indique le tableau III.

TABLEAU I.

$t°$C...	20.		40.		60.		80.	
C...	2N.	0,01 N.	2N.	0,01 N.	2N.	0,01 N.	2N.	0,01 N.
λ(Å).	ε	ε	ε	ε	ε	ε	ε	ε
3300.......	0,65	0,68	–	–	–	–	–	–
3245.......	1,59	1,66	2,26	2,40	2,94	3,30	3,77	4,04
3175.......	3,90	3,97	4,42	4,60	4,89	5,20	5,51	5,83
3100.......	6,12	6,38	6,32	6,60	6,50	6,91	6,72	7,20
3070.......	6,56	6,84	6,65	7,03	6,78	7,23	6,89	7,38
3000.......	6,82	7,25	6,82	7,20	6,80	7,12	6,74	7,05
2960.......	6,70	6,92	6,58	6,82	6,48	6,74	6,38	6,59
2875.......	5,24	5,40	5,17	5,32	5,03	5,21	4,89	5,06
2800.......	3,67	3,81	3,61	3,75	3,52	3,67	3,36	3,55
2730.......	2,40	2,59	2,34	2,55	2,42	2,49	2,48	2,42
2650.......	1,49	1,58	1,72	–	–	–	1,72	–
2600.......	1,56	1,54	–	–	–	–	–	–

TABLEAU II.

$t°$C...	20.	40.	60.	80.
λ(Å).	ε	ε	ε	ε
3245...........	1,18	2,05	2,73	3,47
3175...........	3,32	4,00	4,60	5,15
3100...........	5,52	5,84	6,17	6,49
3070...........	6,18	6,36	6,52	6,73
3000...........	6,70	6,74	6,79	6,82
2960...........	6,62	6,60	6,58	6,52
2875...........	5,44	5,32	5,17	5,02
2800...........	3,82	3,74	3,58	3,36
2730...........	2,59	2,50	2,43	2,42
2650...........	1,58	–	–	1,92
2600...........	1,50	–	–	–

TABLEAU III.

Solutions dans H_2O.

	2N.		0,01 N.	
$t°$C.	λ_M	ε_M	λ_M	ε_M
20.........	3012	6,84	3026	7,26
40.........	3025	6,86	3037	7,28
60.........	3040	6,88	3051	7,34
80.........	3056	6,91	3068	7,40

Solution dans D_2O.

	2N.	
$t°$C.	λ_M	ε_M
20.........	2991	6,71
40.........	3002	6,76
60.........	3016	6,82
80.........	3031	6,87

En ce qui concerne la non-validité de la loi de Beer, on peut, aux différentes températures étudiées, faire pour les solutions dans l'eau ordinaire les mêmes

remarques qu'à 20° [2]. De même, lorsqu'on passe de la solution dans H_2O de titre 2 N à la solution dans D_2O de même concentration, on constate que, pour une température donnée, la bande d'absorption se déplace et se déforme comme précédemment [2].

Le fait nouveau, analogue d'ailleurs à celui présenté par les solutions aqueuses d'halogénures alcalins [3], est, pour une concentration déterminée, le déplacement de la bande d'absorption vers les grandes longueurs d'onde lorsque la température augmente. Ce phénomène présente la même importance pour les solutions dans H_2O et dans D_2O, et est d'autant plus marqué que la température est plus élevée.

Pour les solutions de nitrate, comme pour celles des halogénures alcalins, cet effet de température peut s'expliquer par la diminution de la constante diélectrique de H_2O et D_2O quand la température s'élève et par la solvatation plus grande des ions NO_3^- qui en résulte.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application de la mesure de l'effet Faraday à l'étude par la méthode des variations continues des solutions dans lesquelles plusieurs complexes se forment simultanément.* Note [1] de M. **Fernand Gallais**, transmise par M. Aimé Cotton.

La méthode dite *des variations continues* [2] permet de déterminer la nature et la stabilité d'un ion complexe imparfait dont on suit la formation dans un mélange de solutions, par la mesure d'une propriété physique convenablement choisie. Cette méthode n'est plus applicable lorsque deux ou plusieurs complexes prennent naissance simultanément dans le milieu, suivant deux ou plusieurs réactions telles que



$$(1)\qquad A + nB \rightleftharpoons AB_n,$$
$$(2)\qquad A + qB \rightleftharpoons AB_q.$$

Nous nous proposons de montrer que, moyennant certaines approximations, il reste toutefois possible, en pareil cas, de fixer la nature des ions complexes existant dans le mélange des réactifs A et B et d'évaluer l'ordre de grandeur de leurs constantes de dissociation. Il est nécessaire pour cela que les complexes dont on présume la formation aient été isolés à l'état solide ou qu'ils puissent être obtenus en solution pure dans un solvant convenable. Soient C_A, C_B, z_1, ..., z_i les concentrations des réactifs A et B et des complexes dans les mélanges caractérisés par la proportion x du réactif A (concentrations de A et

(3) J. Doucet, *Thèse*, Paris, 1944.

(1) Séance du 14 octobre 1946.

(2) P. Job, *Ann. de Chimie*, 10e série, 9, 1928, p. 113.

de B dans les solutions mères Γ et $p\Gamma$); et soient α, β, γ_1, ..., γ_t les coefficients spécifiques à l'égard de la propriété mesurée, de A, de B et des t complexes. L'équation de la *courbe des écarts*, c'est-à-dire de la courbe des différences entre les effets observés et ceux que l'on peut calculer par une loi d'additivité est la suivante

$$(3) \qquad \delta = \Gamma\{(\alpha C_A + \beta C_B + \gamma_1 z_1 + \ldots + \gamma_t z_t) - [\alpha x + \beta p(1 - x)]\}.$$

Si les constantes de dissociation des complexes sont assez petites, on peut admettre, avec une certaine approximation, que l'un des réactifs A ou B a disparu dans les mélanges ([3]); soit par exemple $C_A = 0$, en ce cas

$$C_B = p(1 - x) - (nz_1 + qz_2 + \ldots + sz_t).$$

L'équation (3) ne renferme plus alors comme inconnues que les t quantités z. Comme en outre $\Sigma_0^t z_t = x$, ces quantités z peuvent être connues pour peu que l'on dispose de $(t - 1)$ équations analogues à l'équation (3). Les méthodes optiques, grâce à l'existence des phénomènes de dispersion, permettent d'obtenir ces $(t - 1)$ équations en opérant avec plusieurs longueurs d'onde pour lesquelles les α, β. . . γ_t et les écarts δ_t sont différents.

L'emploi de la mesure du pouvoir rotatoire magnétique que nous avons proposé dans le cas où un seul complexe prend naissance ([4]), nous paraît particulièrement favorable en raison de la précision des mesures polarimétriques.

Supposons qu'un seul complexe prenne naissance dans la solution x et que l'on ait mesuré sous une chute de potentiel magnétique Hxl la rotation double $2\rho_{\text{exp.}}$ présentée par celle-ci, puis, calculé la rotation double $2\rho_{\text{calc.}}$ qu'elle devrait donner d'après la règle des mélanges; soit ω la constante de Verdet de la solution, on a immédiatement

$$(4) \qquad \delta = 2\rho_{\text{exp.}} - 2\rho_{\text{calc.}} = 2.\text{H}.l.(\omega_{\text{exp.}} - \omega_{\text{calc.}}).$$

Soient $[\omega]_s$ et $[\Lambda]_M$ les pouvoirs rotatoires spécifique et moléculaire des sels dissous, p le poids de ces sels contenu dans 1^{cm^3} de la solution; d'après la forme de la règle des mélanges (règle de Verdet), on peut écrire

$$(5) \qquad \delta = 2.\text{H}.l.\{[\omega]_{s_{\text{exp.}}} - [\omega]_{s_{\text{calc.}}}\}.p = \{[\Lambda]_{M_{\text{exp.}}} - [\Lambda]_{M_{\text{calc.}}}\}.\Gamma.x.10^{-3},$$

en supposant toujours que c'est le réactif A qui est entièrement sous forme de complexe. (Rappelons que $[\Lambda]_{M_{\text{exp.}}}$ est le pouvoir rotatoire magnétique moléculaire du complexe déterminé sur sa solution pure, et que $[\Lambda]_{M_{\text{calc.}}}$ est la somme des pouvoirs rotatoires magnétiques moléculaires des sels simples dont l'union

---

([3]) On admettra que c'est le réactif A qui a disparu dans la région de la courbe pour laquelle le réactif B est en excès par rapport à la formule du complexe le plus riche en B et inversement.

([4]) F. Gallais, *J. Chim. Phys.*, 1938, 35, pp. 212 et 249.

lui a donné naissance). En réalité, d'ailleurs, il vaut mieux raisonner seulement sur ceux des ions qui prennent une part effective à la réaction et sur les pouvoirs rotatoires ioniques $[A]_1$; en désignant, pour simplifier, la différence $([A]_{1_{exp.}} - [A]_{1_{calc.}})$ par le symbole $\Delta[A]_1$, l'équation (5) devient en définitive

$$\delta = 2.H.l.\Delta[A]_1.\Gamma.x.10^{-3}. \tag{5'}$$

Si maintenant nous supposons qu'il se forme simultanément t complexes en proportion $z_1, \ldots, z_t$, nous aurons à considérer pour $(t-1)$ longueurs d'onde, $(t-1)$ courbes d'écarts dont les équations seront de la forme

$$\delta_t = 2H.l.[\Delta[A]_{1_1}.z_1 + \Delta[A]_{1_2}.z_2 + \ldots + \Delta[A]_{1_t}(1 - z_1, \ldots - z_{t-1})]\Gamma.x.10^{-3}, \tag{6}$$

et la résolution de ce système permettra de connaître, pour toute valeur de x, les valeurs $z_1, \ldots, z_t$. Il sera surtout intéressant de rechercher les valeurs $x_1, \ldots, x_t$ pour lesquelles $z_1, \ldots, z_t$ sont égales à 1 avec la même approximation que précédemment. Dans les solutions correspondantes, il n'existe qu'un seul complexe : sa concentration y atteint sa valeur maximum et la composition $x_1, \ldots, x_t$ peut jouer le même rôle que la « composition maximum » dans le cas où un seul complexe prend naissance dans l'action du réactif A sur le réactif B. On peut ainsi évaluer à tout le moins l'ordre de grandeur des constantes de dissociation $K_1, \ldots, K_t$. Le plus simple est de déterminer graphiquement les valeurs $x_1, \ldots, x_t$ par les points d'intersection de la courbe des écarts avec les droites successives

$$y_t = \Delta[A]_{1_t}.\Gamma.x.10^{-3}.$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la conductibilité et la constante d'ionisation des monoesters des diacides organiques dans le mélange eau-acétone.* Note de MM. **Pierre Mastagli** et **Guy Bardinet**, présentée par M. Marcel Delépine.

La détermination de la conductibilité en solution aqueuse et, par voie de conséquence, de la constante d'ionisation des monoesters des diacides organiques contenant plus de six atomes de carbone, apparaît au premier abord difficile en raison de leur peu de solubilité et de l'hydrolyse.

Nous avons essayé de surmonter ces difficultés en dissolvant d'abord le monoester dans un peu d'acétone, puis en ajoutant de l'eau. Plusieurs mesures successives faites dans les vingt premières minutes permettent de construire par points la courbe de la résistance en fonction du temps et de trouver par extrapolation la valeur de la résistance au temps zéro.

Grâce à ce procédé, nous avons pu comparer les constantes d'ionisation des diacides adipique, azélaïque et sébacique avec celles de leurs monoesters méthyliques et éthyliques.

Ces esters ont été préparés par action de l'acide sur l'alcool méthylique ou

éthylique, en présence d'acide chlorhydrique, selon la méthode préconisée dans *Organic Syntheses* (19, p. 45), à propos de l'acide sébacique, méthode valable pour tous les diacides à partir de l'acide glutarique.

Nous avons utilisé une solution à 10 % d'acétone dont la conductibilité spécifique était de l'ordre de 3.10^{-6} à 25°.

La conductibilité limite a été calculée en appliquant la loi de Kohlrausch

$$\Lambda_{RH} = \Lambda_{RK} - \Lambda_{KCl} + \Lambda_{HCl}.$$

Les conductibilités limites de HCl et KCl ont déjà été déterminées par T. K. Brownson et F. M. Cray [1]. Nous avons repris ces valeurs dont nous avons vérifié l'exactitude.

Le tableau suivant résume nos résultats. Dans chaque cas le premier chiffre est celui de la conductibilité équivalente en mhos, le second celui de la constante d'ionisation multipliée par 10^5. Les chiffres entre parenthèses indiquent la dilution chaque fois que celle-ci diffère des nombres entiers placés en tête du tableau.

Dilution pour 1^{mol}.	300 l.	400 l.	500 l.	600 l.	700 l.
Acide adipique	25,7	28,8	31,9	34,8	37,7
	2,40	2,41	2,39	2,39	2,44
Adipate ac. de méthyle.	17,0 (292)	19,8 (392)	21,8 (501)	24,4 (607)	26,3
	1,11	1,12	1,08	1,12	1,11
Adipate ac. d'éthyle [2].	16,8 (302)	19,2 (398)	22,3 (506)	23,2 (599)	25,5 (695)
	1,04	1,04	1,11 (?)	1,02	1,08
Acide azélaïque	22,2	26,15	28,3	30,4	32,6
	1,86	1,97 (?)	1,86	1,80	1,79
Azelaate ac. de méthyle.	15,4 (299)	17,7 (393)	20,2 (501)	21,8 (607)	23,5 (711)
	0,88	0,87	0,92 (?)	0,89	0,89
Azelaate ac. d'éthyle	15 (301)	—	19,2 (502)	20,8 (597)	22,5 (702)
	0,83	—	0,82	0,82	0,82
Acide sébacique	20,4	23,4	26,1	29	31,2
	1,56	1,56	1,57	1,63	1,63
Sébacate ac. de méthyle.	14,7 (301)	16,9 (405)	18,8 (502)	20,7 (607)	22,4 (699)
	0,79	0,78	0,79	0,79	0,82
Sébacate ac. d'éthyle [2].	14,3 (299)	16,5 (395)	18,6 (498)	20,0 (595)	22,0 (703)
	0,75	0,77	0,78	0,76	0,78

Ces résultats montrent : 1° que la loi d'action de masse est très sensiblement vérifiée dans le mélange eau-acétone 10 %; 2° que, dans un même solvant, la constante d'ionisation diminue de l'acide à l'ester monométhylique et à l'ester monoéthylique.

Un travail identique est en cours pour les acides méthyladipique, pimélique, subérique et leurs esters.

(1) *J. Chem. Soc. London*, **127**, 1925, p. 2923.

(2) Walker (*J. Chem. Soc.*, **61**, 1892, p. 713) donne comme valeur de la constante d'ionisation dans l'eau : $2,5.10^{-5}$ pour l'adipate acide d'éthyle; $1,43.10^{-5}$ pour le sébacate acide d'éthyle.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Loi de chute des corps lamellaires et aciculaires en milieu visqueux. Application à l'analyse sédimentométrique.* Note de M. **Bernard Persoz** et Mme **Denise Boido**, présentée par M. Louis Hackspill.

La plupart des méthodes employées pour l'analyse granulométrique des corps pulvérulents utilisent la loi de Stokes qui n'est valable, comme l'on sait, que dans certaines conditions, pour les corps sphériques. Pour les corps de formes différentes, les auteurs ont été amenés à définir un *diamètre équivalent* qui est le diamètre de la sphère de même densité qui tomberait dans le même liquide à la même vitesse que le corps considéré.

Dans le cas des corps dits *sphéroïdaux*, dont les trois dimensions sont du même ordre de grandeur, le diamètre équivalent est relativement voisin de la dimension de la particule. Mais, si les grains étudiés sont lamellaires (une dimension très petite par rapport aux deux autres) ou aciculaires (deux très petites par rapport à la troisième), la notion de diamètre équivalent n'a plus qu'un sens spéculatif.

Pour pouvoir, dans la plupart des cas, effectuer des analyses granulométriques sérieuses, il nous a paru intéressant d'étudier empiriquement la chute des corps lamellaires et aciculaires dans les milieux visqueux.

Nous avons utilisé de petits modèles d'aluminium taillés à l'échelle du millimètre et nous avons déterminé leurs vitesses de chute dans divers liquides.

Les paillettes employées étaient de petits carrés de 1 à 6^{mm} de côté et de 1,8 à 10 centièmes de millimètre d'épaisseur. Les aiguilles étaient de petits cylindres de 2 à 15^{mm} de longueur et 9 à 100 centièmes de millimètre de diamètre.

Contrairement à ce que l'on pourrait croire, les paillettes et les aiguilles, même si elles sont lâchées verticalement, prennent rapidement une position horizontale et s'y maintiennent pendant toute la durée de la chute.

Les résultats obtenus n'ont pu s'interpréter convenablement qu'en considérant la résistance de frottement comme composée de deux termes, un terme de viscosité proportionnel à la vitesse et un terme dynamique proportionnel au carré de la vitesse.

Dans ces conditions, nous avons trouvé, pour le terme de viscosité, une loi empirique approchée qui, après avoir été extrapolée vers les petites dimensions, peut être écrite pour les corps lamellaires

$$f = -7c\eta v$$

(f, force de frottement; c, côté de la paillette supposée carrée; η, viscosité du liquide; v, vitesse de chute), et pour les corps aciculaires

$$f = -(1,22\,h + 8,5\,d)\eta v$$

(h, longueur de l'aiguille; d, diamètre de l'aiguille supposée cylindrique).

Ainsi, on arrive aux conclusions suivantes, auxquelles d'ailleurs on pouvait s'attendre : un corps plat subit une force de frottement indépendante de son épaisseur pourvu que celle-ci soit faible. La vitesse de chute, par contre, dépend de l'épaisseur, puisque celle-ci intervient dans l'expression de la force motrice.

Le résultat d'une analyse granulométrique se traduit, en général, par la loi de répartition des vitesses de chute. Pour en déduire des données sur la grosseur des grains lamellaires, il faut avoir une relation supplémentaire entre leur côté et leur épaisseur. Dans certaines poudres d'aluminium, l'épaisseur peut être considérée comme uniforme, et cela simplifie le dépouillement. Pour quelques autres cas simples, l'épaisseur est grossièrement proportionnelle au côté de la paillette, mais s'il y a indépendance complète entre ces deux variables, il ne peut être question de les déterminer toutes deux par une seule mesure.

La même difficulté se retrouve à propos des poudres aciculaires. Si les particules étaient très allongées (longueur >100 diamètres), leur vitesse ne dépendrait plus que du diamètre, mais, cette circonstance ne se rencontrant pratiquement pas, il est nécessaire, ici aussi, d'admettre une loi simple reliant entre elles les deux dimensions des corpuscules.

Le cas des particules ayant trois dimensions très différentes n'a pas été envisagé.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Théorie de la valence dirigée. L'hybridation des orbites, cas particulier de mésomérie.* Note [1] de M. **Jean Guy**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude des molécules diatomiques formées à partir d'atomes monovalents résulte en première approximation d'une généralisation de la théorie de la molécule d'hydrogène de Heitler et London. Les couches électroniques internes ne sont pas perturbées par la formation de la molécule, tandis que les deux électrons de valence s'organisent en une paire à spins antiparallèles, dont le domaine de localisation se modifie comme dans le cas de la molécule d'hydrogène.

Pour un atome polyvalent, nous avons n électrons *célibataires* dont les orbites atomiques $u_1, u_2, \ldots, u_n$ sont différentes. Si cet atome échange n liaisons simples avec n atomes monovalents $A_1, A_2, \ldots, A_n$, pour continuer l'application de la théorie précédente, il est nécessaire de savoir par l'intermédiaire de quelle orbite se fait la liaison avec A_1, et de même pour $A_2, \ldots, A_n$. Slater et Pauling [2] ont développé la théorie de l'hybridation des orbites pour résoudre cette question. En vue de construire les fonctions symétriques

(1) Séance du 21 octobre 1946.

(2) L. Pauling, *J. Amer. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 1367; J. C. Slater, *Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 481.

d'espace du type « Heitler et London », $u_1, u_2, \ldots, u_n$ sont remplacées par n nouvelles orbites formées de combinaisons linéaires des premières.

$$\alpha_i u_1 + \beta_i u_2 + \ldots + \lambda_i u_n \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

Ces nouvelles orbites seront orthonormées si les n^2 coefficients satisfont aux $n(n+1)/2$ conditions

$$\alpha_i^* \alpha_j + \beta_i^* \beta_j + \ldots + \lambda_i^* \lambda_j = \delta_{ij} \qquad \left(\delta_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{pour } i \neq j \\ 1, & \text{pour } i = j \end{cases}\right).$$

Il y a toujours une infinité de solutions. Les nouvelles orbites seront choisies, de plus, de manière à donner avec l'orbite de liaison une intégrale d'échange négative la plus grande possible, ce qui a lieu en pratique pour le maximum de recouvrement des domaines des orbites liées.

La théorie de l'hybridation se présente comme un cas particulier de mésomérie entre certains schémas de valence. Considérons un atome divalent A lié à 2 atomes monovalents B et C. Si p et q sont les orbites de valence de A, u et v celles de B et C, la fonction de valence du schéma B—A—C s'écrit en notation de L. Pauling ([3]), à un facteur de normalisation près,

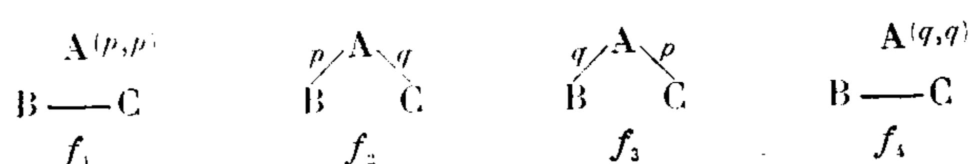
$$\begin{aligned} &\Sigma_R(-1)^R R\, \Sigma_P(-1)^P P[\alpha_1 p(1) + \beta_1 q(1)]\beta(1)\, u(2)\alpha(2) \\ &\qquad\qquad [\alpha_2 p(3) + \beta_2 q(3)]\beta(3)\, v(4)\alpha(4) \\ &= \Sigma_R(-1)^R R\, \Sigma_P(-1)^P P[\alpha_1\alpha_2 f_1 + \alpha_1\beta_2 f_2 + \beta_1\alpha_2 f_3 + \beta_1\beta_2 f_4] \end{aligned}$$

avec

$$\begin{aligned} f_1 &= p(1)\beta(1)u(2)\alpha(2)p(3)\beta(3)v(4)\alpha(4), \\ f_2 &= p(1)\beta(1)u(2)\alpha(2)q(3)\beta(3)v(4)\alpha(4), \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned}$$

(P, opérateur de permutation; R, opérateur de renversement des spins des électrons appariés; α et β, fonctions d'onde de spin).

Interprétons séparément les fonctions f_1, f_2, f_3, f_4. Ce sont des fonctions de valence particulières correspondant aux schémas :



Pour f_1, l'atome A est non lié avec deux électrons sur l'orbite p, les atomes B et C sont liés entre eux par covalence. Pour f_2, A est lié à B par l'orbite p et à C par l'orbite q; f_3 et f_4 se déduisent de f_2 et f_1 par permutation des lettres p et q. Ceci se démontre par identification en comparant les développements de f_1, f_2, f_3, f_4 à ceux des fonctions de valence des schémas indiqués.

Hybrider les orbites revient donc à faire une combinaison linéaire $af_1 + bf_2 + cf_3 + df_4$ des fonctions de valence des quatre schémas indiqués.

([3]) *J. Chem. Phys.*, 1, 1933, p. 280.

Appliquer le critère du maximum de recouvrement, c'est choisir *a*, *b*, *c*, *d* par la condition de minimum de la méthode de variation, mais on a des conditions supplémentaires, car

$$a = \alpha_1 \alpha_2, \qquad b = \alpha_1 \beta_2, \qquad c = \beta_1 \alpha_2, \qquad d = \beta_1 \beta_2.$$

et α_1, α_2, β_1, β_2, liés par trois relations, se comportent comme un seul paramètre. Par une application directe de la mésomérie, sans chercher à satisfaire aux conditions de l'hybridation, *a*, *b*, *c*, *d*, se seraient comportés comme trois paramètres puisque seule aurait subsisté la condition de normalisation. L'hybridation des orbites entre donc dans le cadre général de la mésomérie, en apportant toutefois une restriction à la libre variation des paramètres, dont l'influence sur les résultats ne peut être que défavorable.

MÉTALLURGIE. — *Influence de l'aluminium sur la résilience de l'acier mi-doux d'élaboration électrique aux états moulé et forgé.* Note de MM. **Paul Bastien** et **Claudius Dubois**, présentée par M. Albert Portevin.

Les aciers de moulage fabriqués au four électrique relèvent généralement en France du domaine des élaborations basiques; les résiliences standard ainsi réalisées se situent au voisinage de 9 Kgm/cm² dans la nuance mi-douce. Lorsque l'on a recours à des élaborations au four électrique acide, pour la réalisation de moulages dans la même nuance, on obtient, dans des conditions d'essais identiques, et pour une même valeur de la résistance mécanique, des résiliences plus faibles atteignant de justesse 6 Kgm/cm². Dans les deux cas, la température de coulée étant pratiquement la même, la différence la plus immédiatement perceptible réside dans l'addition finale en aluminium qui est plus faible pour l'acier obtenu en marche acide : ceci nous a conduits à étudier l'influence de cet élément sur la résilience.

Dans une première série d'essais, nous nous sommes proposé de rechercher l'action d'additions d'aluminium faites à des aciers d'élaboration acide, de composition moyenne : C = 0,20 % ; Mn = 0,60 % ; Si = 0,35 % ; S = 0,03 % ; P = 0,03 %. Les additions, à des teneurs allant jusqu'à 0,15 %, furent faites soit dans des lingotins d'essais prélevés avant la coulée en poche, soit dans la poche de coulée elle-même. Les expériences ont montré que l'effet de l'aluminium se manifeste en sens inverse suivant que le métal est à l'état moulé ou à l'état forgé. A l'état moulé, avec ou sans recuit d'homogénéisation et d'affinage de la structure, on constate une diminution de la résilience d'autant plus accentuée que l'addition d'aluminium est plus forte. C'est l'inverse qui se produit dans le cas de l'acier forgé et recuit, les meilleurs résultats des essais de résilience dans le sens long étant obtenus avec le métal à 0,15 % d'aluminium.

Devant ces conclusions, il y avait intérêt à vérifier s'il existe un parallélisme

entre les effets de l'aluminium sur le métal d'élaboration acide, d'une part, et celui obtenu en marche basique, d'autre part. Les essais ont montré une action nocive analogue de l'aluminium, que ce soit en élaboration acide ou basique, sur la résilience du métal *brut de coulée*. Une différence toutefois se dessine après recuit : le recuit d'homogénéisation et d'affinage de structure améliore nettement la résilience dans tous les cas et corrige les déficiences dues à l'aluminium; toutefois, le gain réalisé n'est que partiel dans le cas du métal d'origine acide et paraît total dans le cas des coulées au four basique.

A l'état forgé et recuit, sur acier d'origine acide ou basique, il se confirme que l'effet de l'aluminium est inverse de celui se manifestant sur métal moulé et, en général, un gain de résilience est enregistré lorsque l'addition d'aluminium croît.

L'ensemble de nos essais montre donc que l'aluminium ajouté en poche n'améliore pas la résilience de l'acier mi-doux moulé. Par ailleurs, l'un de nous (¹) a montré qu'une teneur élevée en manganèse jointe à une faible teneur en soufre élève nettement la résilience; il devait donc être possible, en tenant compte de ces facteurs et en limitant, de plus, au minimum l'addition d'aluminium en poche, de réaliser sur métal recuit d'élaboration acide des valeurs de résilience très proches de celles obtenues en marche basique : l'expérience a confirmé ces prévisions.

Il est assez généralement admis que la résilience est sous la dépendance de la grosseur du grain d'austénite; le grain Mac Quaid-Ehn a été déterminé sur chacune des coulées participant à la présente étude. Les résultats sont les suivants : pour un même métal, la grosseur du grain est sensiblement la même aux états moulé et forgé (²) et, en général, elle est en relation avec la quantité d'aluminium ajoutée. Par contre, dans le problème particulier abordé ici, il ne se dégage pas de relation entre la résilience et la grosseur du grain d'austénite, l'effet de ce dernier facteur étant masqué par d'autres actions prédominantes de l'aluminium.

Il a été signalé, à diverses reprises, que l'aluminium modifie dans l'acier la grosseur et la répartition des inclusions de sulfure, mais les avis restent partagés quant au sens de l'action et à sa répercussion sur les caractéristiques mécaniques. Les examens micrographiques, qualitatifs et quantitatifs, effectués en vue de dénombrer les inclusions et de mettre en évidence les alignements, ont montré, dans l'acier brut de coulée, une tendance des inclusions de sulfure à former des alignements dans les joints de grains de la cristallisation primaire et à coalescer sous l'influence des additions d'aluminium. Le recuit des aciers moulés ou le corroyage à chaud des aciers forgés provoque, en raison d'une légère solubilité

(¹) P. Bastien et L. Alanore, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 631.

(²) Ceci confirme des résultats précédemment obtenus par l'un de nous : P. Bastien, *Rev. Métallurgie*, 38, 1941, p. 44-49.

des sulfures dans le fer à haute température, une fragmentation des inclusions qui deviennent plus fines et plus dispersées. Ces divers effets rendent compte de façon satisfaisante des actions sur la résilience trouvées au cours de ces recherches.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acétates acides de calcium.* Note [1] de Mlle **Marinette Gerbault.**

Nous avons pu préparer l'acétate acide de calcium à une molécule d'acide signalé par Colson [2] et ceux à 1/2 et à 3/2 molécules d'acide acétique, non encore signalés.

Acétate de calcium à 1/2 molécule d'acide acétique $(CH_3CO_2)_2Ca$, $1/2\,CH_3CO_2H$. — Il cristallise en lamelles quadrangulaires (*fig.* 1); son analyse

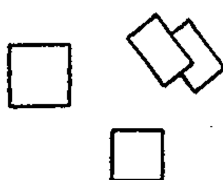


Fig. 1.

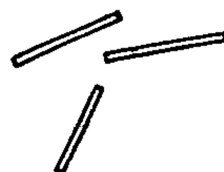


Fig. 2.

donne cette formule à environ 0,5 % près. La meilleure façon de l'obtenir est de mélanger une molécule d'acétate de calcium à $2H_2O$ et trois molécules d'anhydride acétique pendant deux heures à 80°. Il se transforme en acétate de calcium à $2H_2O$ à l'air humide ou en solution dans l'eau; quand on ajoute à la solution aqueuse un grand excès d'alcool, celle-ci se prend en gelée, puis il y a formation d'aiguilles brillantes d'acétate de calcium à $2H_2O$. Par dissolution dans l'alcool ou l'éther, on obtient l'acétate de calcium anhydre $(CH_3CO_2)_2Ca$ cristallisé en baguettes (*fig.* 2); la formule en est connue par l'analyse à environ 0,4 % près. Par dissolution dans l'acide acétique, on obtient à la longue l'acétate de calcium à une molécule d'acide; le résultat de l'analyse est donné avec une précision de 0,8 % environ.

Acétate de calcium à une molécule d'acide acétique $(CH_3CO_2)_2Ca$, CH_3CO_2H. — Nous avons retrouvé cet acétate déjà signalé par Colson en mélangeant une molécule d'acétate de calcium à $2H_2O$ à cinq molécules d'anhydride acétique pendant six heures à 80°, ou pendant quatre heures à 138°. Ce composé est cristallisé en cubes aplatis (*fig.* 3); par dissolution dans l'eau ou simplement exposé à l'humidité, il se transforme aussi en acétate à $2H_2O$. L'alcool absolu, après quelques jours, donne aussi l'acétate de calcium anhydre, sous deux formes : *a.* en solution dans l'alcool; *b.* en gelée au-dessous de la couche liquide, et il reste un dépôt d'acétate de calcium à $1/2\,CH_3CO_2H$. L'éther donne uniquement l'acétate de calcium anhydre. Par dissolution dans l'acide acétique, il n'y a aucun changement.

---

[1] Séance du 14 octobre 1946.

[2] *Bull. Soc. Chim.*, 31, 1904, 1, p. 429.

Acétate de calcium à 3/2 molécules d'acide acétique $(CH_3CO_2)_2Ca$, $3/2\,CH_3CO_2H$. — On l'obtient de la même façon, en augmentant la durée de la réaction : 10 heures à 80°, il est cristallisé en parallélépipèdes (*fig.* 4);



Fig. 3.

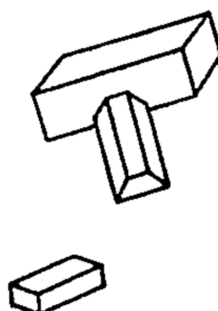


Fig. 4.

l'analyse donne la formule à environ 0,6 % près. A l'air humide ou en solution dans l'eau il redonne l'acétate de calcium à $2H_2O$. En solution dans l'alcool absolu il se transforme en acétate anhydre en solution, avec un dépôt d'acétate de calcium à une molécule de CH_3CO_2H; en solution dans l'éther on obtient également l'acétate anhydre. Au contact de l'acide acétique, il perd 1/2 molécule d'acide acétique pour se transformer en acétate à une molécule de CH_3CO_2H.

Comparaison entre les trois acétates acides de calcium. — Les acétates acides de calcium se forment successivement par addition au précédent de 1/2 molécule d'acide acétique. Il est à remarquer que l'anhydride acétique agissant sur l'hydroxyde de calcium ne donne que l'acétate de calcium à $2H_2O$. Le plus stable est l'acétate de calcium à une molécule de CH_3CO_2H; en effet, en solution acétique, ils laissent tous un dépôt d'acétate à une molécule de CH_3CO_2H. Les solubilités de ces trois acétates acides dans l'eau et l'éther croissent avec le nombre de molécules d'acide acétique; c'est le contraire pour l'acide acétique et l'alcool.

Des résultats en tous points comparables ont été obtenus avec les acétates de baryum.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de l'acide homoisovanillique. Nouvelle méthode de préparation de l'acide homovératrique.* Note de M. **Victor Harlay**.

Dans un travail paru en 1942, M. Quelet [1] décrivait une méthode de préparation de l'acide 3-amino-4-méthoxyphénylacétique, par chlorométhylation de l'*o*-nitroanisol; il se proposait d'obtenir, à partir de cet acide, par diazotation et hydrolyse, l'acide homoisovanillique, puis, par méthylation ultérieure, l'acide homovératrique, ou 3.4-diméthoxyphénylacétique. Mais l'hydrolyse du diazoïque présente, selon l'auteur lui-même, des difficultés insurmontables.

M. Quelet nous ayant autorisé à utiliser ses réactions, nous sommes parvenu, par une voie indirecte, à préparer l'acide homoisovanillique à partir de l'acide aminé.

(1) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 5e série, 9, 1942, p. 702.

Nous avions remarqué, en effet, que l'introduction d'un halogène, le brome, en *para* par rapport à la fonction amine dans le noyau benzénique, facilitait l'hydrolyse alcaline de celle-ci; mais cette hydrolyse portait également sur le brome lui-même.

La substitution à l'halogène d'un groupement très électronégatif, tel que NO_2, permit d'aboutir au but cherché, à savoir la création d'une fonction phénol en position 3. Le présent travail est destiné à indiquer la série des réactions utilisées.

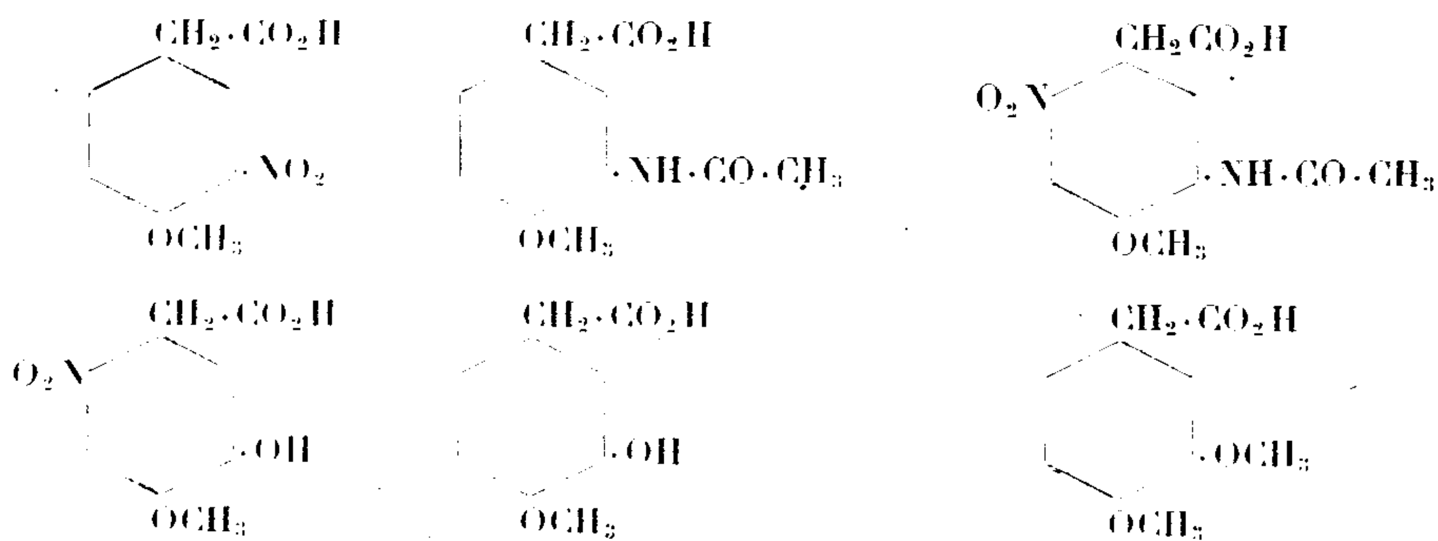
1° Transformation de l'acide 3-nitro-4-méthoxyphénylacétique en acide 3-acétylamino-4-méthoxyphénylacétique.

2° Nitration de celui-ci en 6.

3° Hydrolyse alcaline de l'acide 3-acétylamino-4-méthoxy-6-nitrophénylacétique, obtention de l'acide 3-hydroxy-4-méthoxy-6-nitrophénylacétique.

4° Réduction du dérivé nitré, suivie de la diazotation et de la décomposition du sel de diazonium en milieu alcoolique, obtention de l'acide 3-hydroxy-4-méthoxyphénylacétique.

5° Méthylation de l'acide homoisovanillique.



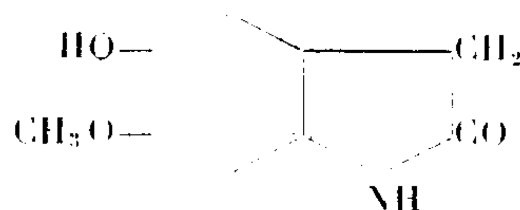
La réduction de l'acide nitré de M. Quelet est effectuée par l'emploi du couple zinc-nickel en présence d'acétate d'ammonium. L'acide aminé obtenu est transformé dans le milieu même, par l'anhydride acétique, en dérivé acétylé, afin d'éviter son altération au contact de l'air (P. F. au tube : 193-194°).

L'acide 3-acétylamino-4-méthoxyphénylacétique est nitré en 6 en versant un mélange sulfonitrique dans une suspension homogène de cet acide dans l'acide acétique, le tout étant refroidi dans la glace. L'acide nitré cristallise dans le milieu. On le précipite totalement en diluant celui-ci au moyen de glace pilée. Cristaux jaunâtres peu solubles dans l'eau, l'alcool, l'éther. P. F au tube : 215-218°.

Sous l'action des lessives alcalines à l'ébullition, l'acide 3-acétylamino-4-méthoxy-6-nitrophénylacétique est d'abord désacétylé. Le groupement $—NH_2$ est ensuite hydrolysé et remplacé par un hydroxyle, opération s'accompagnant d'un dégagement très net de vapeurs ammoniacales. Cet acide phénol,

déjà décrit par Schöpf et Winterhalder en 1940 ([2]), cristallise dans l'eau avec 2[mol] d'eau d'hydratation.

La réduction du groupement nitré s'effectue aisément sous l'action du zinc et de l'acide chlorhydrique, mais elle s'accompagne le plus souvent de la fermeture d'un cycle lactamique conduisant à l'hydroxyméthoxyoxindol :



Afin d'éviter cette réaction, on pratique la réduction en milieu alcoolique en présence d'acide sulfurique à chaud, ce qui permet l'estérification du carboxyle. La liqueur acide est ensuite soumise à la distillation afin d'éliminer l'alcool, puis à l'action du nitrite de sodium, après refroidissement dans la glace. Le sulfate de diazonium est décomposé en présence d'un excès d'alcool méthylique absolu et de tournure de cuivre. Après réaction, l'alcool est distillé et l'ester méthylique de l'acide homoisovanillique est saponifié par une solution de potasse à l'ébullition. L'acide homoisovanillique peut être cristallisé dans l'eau. Aiguilles blanches peu solubles dans l'eau, solubles dans l'alcool, l'éther. P. F au tube 130°. (Cet acide avait été préparé par Späth et Lang à partir de l'isovanilline. Le point de fusion indiqué par ces auteurs dans leur mémoire était 123,5-124°,5) ([3]).

Le passage de l'acide homoisovanillique à l'acide homovératrique ou 3.4-diméthoxyphénylacétique est réalisé sans difficultés par méthylation au moyen de sulfate de diméthyle.

Conclusion. — La synthèse de l'acide homovératrique à partir de l'*o*-nitroanisol n'est possible qu'à la condition de mettre à profit la facilité d'hydrolyse alcaline du dérivé nitré de l'acide 3-amino-4-méthoxyphénylacétique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle combinaison hétérocyclique soufrée : l'homothiachromanne.* Note ([1]) de MM. **Paul Cagniant** et **Antonin Deluzarche**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le thiophénate de sodium, en solution aqueuse, réagit vivement avec le chloro-1 hydroxy-3 propane pour donner quantitativement l'alcool γ-thiophénoxy-*n*-propylique (I). Traité par PBr_3, en solution chloroformique, cet alcool se transforme aisément en bromure de γ-thiophénoxy-*n*-propyle (II). La condensation de ce bromure avec le cyanure de potassium, en solution hydroalcoolique, nous conduit au nitrile (III), saponifié rapidement par la

([2]) *Lieb. Ann.*, 544, 1940, p. 62.
([3]) *Mon. f. Chem.*, 42, 1921, p. 278.

([1]) Séance du 21 octobre 1946.

potasse alcoolique en acide γ-thiophénoxy-*n*-butyrique (IV). Cet acide traité par SO_4H_2 concentré est transformé intégralement en dérivé sulfoné, sans donner trace d'homothiachromannone (IX), alors que son homologue inférieur $C_6H_5.S.(CH_2)_2CO_2H$, dans les mêmes conditions, se cyclise facilement en thiachromannone (X) [2].

Pour arriver à la cétone (IX) nous avons traité le chlorure (V), en solution sulfocarbonique, par Cl_3Al anhydre.

Le même chlorure (V) est transformé en solution *benzénique* et, dans les mêmes conditions, en cétone linéaire (VIII), sans qu'aucune trace de (IX) puisse être décelée.

(I) $C_6H_5 \cdot S \cdot (CH_2)_3 \cdot OH$,

(II) $C_6H_5 \cdot S \cdot (CH_2)_3 \cdot Br$.

(III) $C_6H_5 \cdot S \cdot (CH_2)_3 \cdot CN$.

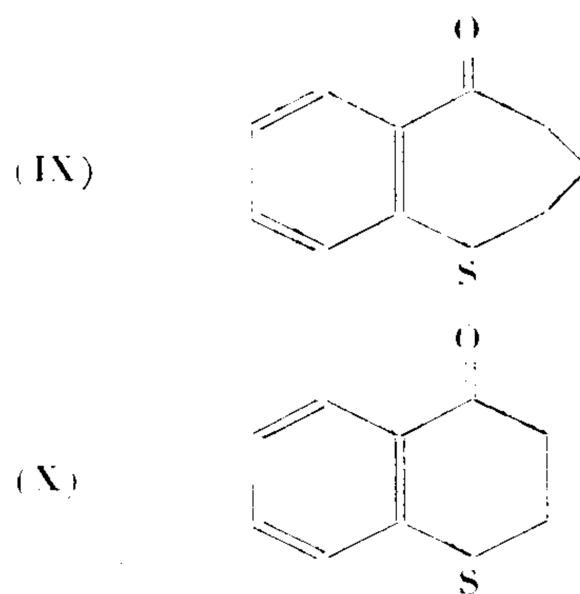
(IV) $C_6H_5 \cdot S \cdot (CH_2)_3 \cdot COOH$.

(V) $C_6H_5 \cdot S \cdot (CH_2)_3 \cdot COCl$.

(VI) $C_6H_5 \cdot S \cdot (CH_2)_3 \cdot CH \begin{smallmatrix} CO_2Et \\ CO_2Et \end{smallmatrix}$

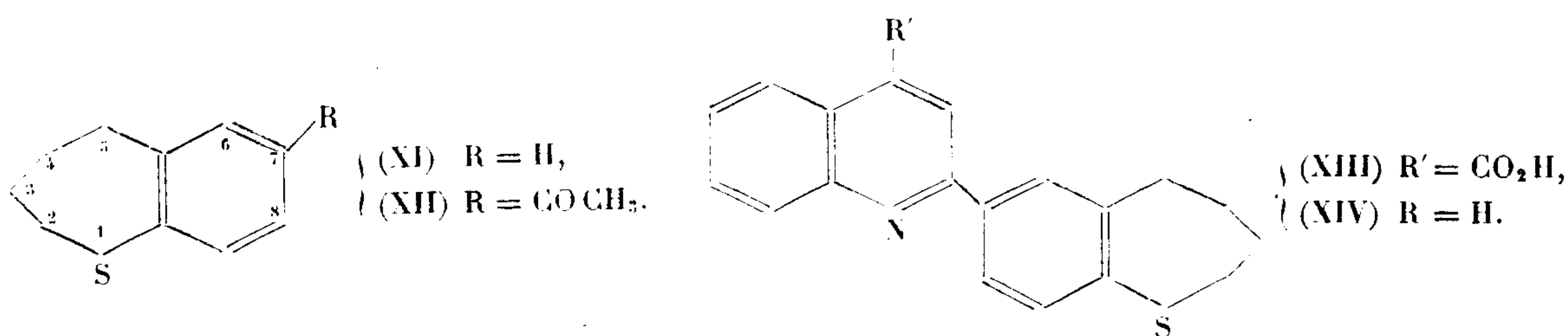
(VII) $C_6H_5 \cdot S \cdot (CH_2)_4 \cdot CO\,OH$,

(VIII) $C_6H_5 \cdot S \cdot (CH_2)_3 \cdot CO \cdot C_6H_5$,



La cétone (IX), réduite selon Clemmensen, conduit à l'homothiachromanne (XI). L'oxydation permanganique de cet hydrocarbone ne nous a pas donné de sulfone cristallisée.

Nous avons obtenu l'acétyl-7 homothiachromanne (XII) par condensation de (XI) avec le chlorure d'acétyle en CS_2 et avec Cl_3Al comme catalyseur. (XII) se condense avec l'isatine, selon Pfitzinger, pour donner l'acide homothiachromannyl-7' cinchoninique-2 (XIII) qui se décarboxyle à haute température en homothiachromannyl-7' quinoléine-2.



Le bromure (II) condensé avec le malonate d'éthyle sodé dans l'alcool absolu, donne l'éther (VI) que nous avons saponifié en acide malonique correspondant. Cet acide malonique se décarboxyle en acide δ-thiophénoxy-*n*-valérique (VII) qui, ainsi que son chlorure, se refuse à toute cyclisation.

(2) Krollpfeiffer et Schultze, *Ber. d. chem. Ges.*, 56, 1923, p. 1819.

Mode opératoire. Alcool (I) $C_9H_{12}OS$. — 55g de thiophénol dissous dans la quantité équimoléculaire de soude aqueuse à 10 % sont additionnés de 48g de $Cl(CH_2)_3OH$. On agite, le mélange s'échauffe et il se sépare une huile assez rapidement. On termine en chauffant cinq minutes à reflux. Après refroidissement, la couche organique est décantée, séchée et fractionnée : $É_{19}$ 168°, $É_{22}$ 174°, n_D^{26} 1,5646; liquide assez visqueux, d'odeur assez agréable.

Phényluréthane de (I) $C_{16}H_{17}O_2NS$, belles aiguilles incolores (éther de pétrole) F 69°. Bromure (II) $C_9H_{11}SBr$, $É_{20}$ 163-165°, n_D^{24} 1,5865; liquide d'odeur aromatique, non vésicant. Nitrile (III) $C_{10}H_{11}NS$, $É_{19}$ 185°, n_D^{26} 1,5646. Acide (IV) $C_{10}H_{12}O_2S$, $É_{19}$ 212°, $É_{24}$ 216°, F 63°, belles paillettes incolores (éther de pétrole). Chlorure (V) $C_{10}H_{11}OSCl$, $É_{10}$ 168-170°. Amide correspondant F 91°, magnifiques parallélépipèdes incolores (alcool) γ-thiophénoxy-*n*-propylmalonate d'éthyle (VI) $C_{16}H_{22}O_4S$, $É_{20}$ 230°. Acide malonique correspondant $C_{12}H_{14}O_4S$, F 101°, petits cristaux incolores (benzène). Acide (VII), $C_{11}H_{14}O_2S$, $É_{25}$ 225-227°, $É_{20}$ 222°, F 57°, se sublimant fortement chauffé dans le vide. Chlorure $C_{11}H_{13}OSCl$, $É_{20}$ 177°. Amide $C_{11}H_{15}ONS$, F 99°, petits cristaux incolores, brillants (alcool).

Homothiachromannone (IX) $C_{10}H_{10}OS$: 18g de chlorure (V) en 100cm³ de CS_2 sont traités par 20g de Cl_3Al anhydre à —10° pendant une heure, puis on laisse le mélange trois heures à la température ambiante. La suite des opérations habituelles nous permet d'obtenir 10g de cétone (IX), $É_{22}$ 175-176°, liquide d'odeur peu accentuée. Semicarbazone $C_{11}H_{13}ON_3S$, petits cristaux brillants, incolores, F 213°. Cétone (VIII) $C_{16}H_{16}OS$, même opération, en milieu benzénique, $É_{20}$ 242-244°. Semicarbazone $C_{17}H_{19}ON_3S$, F 122°, petites paillettes incolores (alcool). La même cétone (VIII) a été obtenue par action de C_6H_5MgBr sur le nitrile (III).

Homothiachromanne (XI) $C_{10}H_{12}S$, $É_{21}$ 140-141°, liquide incolore d'odeur terpénique caractéristique, stable à l'air et à la lumière, $n_D^{29,5}$ 1,5996.

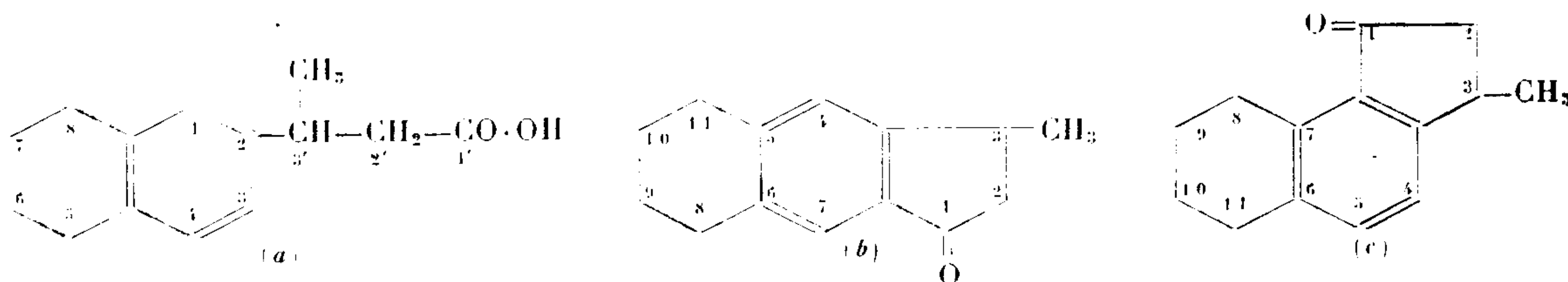
Cétone (XII) $C_{12}H_{14}OS$, $É_{19}$ 217°, liquide visqueux. Semicarbazone $C_{13}H_{17}ON_3S$, F 217-219°, cristaux incolores (alcool). Acide cinchoninique (XIII) $C_{20}H_{17}O_2NS$, F 170-171°. Quinoléine correspondante (XIV) $C_{19}H_{17}NS$, F 98°, petits cristaux incolores (de l'alcool). Picrate, F 193°, avec ramollissement à partir de 187°, beaux cristaux jaunes peu solubles dans l'alcool absolu.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Cyclisation de l'acide* [2-(*tétrahydro*-5.6.7.8 *naphtyl*)]-3′ *butyrique en tétrahydro*-8.9.10.11 *benzo*-5.6 *méthyl*-3 *indanone*-1 *et tétrahydro*-8.9.10.11 *benzo*-6.7 *méthyl*-3 *indanone*-1. Note de Mlle **Germaine Cauquil** et M. **Héribert Barrera**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acide [2-(tétrahydro-5.6.7.8 naphtyl)]-3′ butyrique $C_{14}H_{18}O_2$ F 96 (*a*), dont la préparation a été indiquée dans une précédente Note (¹), soumis à

(¹) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 891.

différentes méthodes de cyclisation, a donné un mélange cétonique que l'on a pu séparer en deux fractions d'égale importance, constituées par les deux indanones isomères $C_{14}H_{16}O$ (*b*) et (*c*)



A. 1° Dans une première série d'essais de cyclisation, on a utilisé comme intermédiaire le chlorure d'acide. Ce composé est obtenu par action du chlorure de thionyle sur l'acide (*a*) en présence de faibles quantités de pyridine. C'est un liquide incolore $\acute{E}_{16}$ 187°.

La cyclisation est effectuée en solution benzénique à froid en présence de chlorure stannique anhydre. Après un quart d'heure de contact on retire 65 à 70 % d'un mélange de cétones $\acute{E}_3$ 155°.

2° D'après Adelson et Bogert ([2]), l'acide a été chauffé à reflux avec du pentachlorure de phosphore; puis refroidi dans la glace et additionné de petites fractions de chlorure d'aluminium; on a eu un mélange donnant après distillation 80 % de produits cétoniques.

B. La cyclisation directe a été tentée :

1° Par l'acide sulfurique à 85 % [méthode Haworth ([3])], on chauffe pendant une heure au bain-marie; on retire ainsi 10 % de produits cétoniques et une grande partie de l'acide primitif non transformé.

2° Par l'acide sulfurique à 90 %, le rendement s'élève à 40 % en cétones; mais une grande partie de l'acide organique primitif se sulfone.

3° Par l'acide sulfurique concentré, le rendement s'abaisse à 35 % en cétones et il se forme un mélange de produits sulfonés inséparables.

C. Suivant le procédé utilisé par Fieser et Hershberg ([4]). L'acide organique, dans le mélange acide acétique-anhydride acétique en présence de chlorure de zinc anhydre, est chauffé pendant une heure à reflux. On retire ainsi 70 % de mélange cétonique.

D. L'étude du liquide résultant de ces diverses cyclisations a montré qu'il se combinait entièrement au chlorhydrate de semicarbazide dans les conditions habituelles.

Par cristallisation fractionnée dans l'alcool absolu bouillant on sépare une semicarbazone pulvérulente blanche F 261° insoluble dans ce solvant et une

---

([2]) *J. Am. Chem. Soc.*, 59, 1937, p. 389.
([3]) *J. Chem. Soc. London*, 1932, p. 1125.
([4]) *J. Am. Chem. Soc.*, 59, 1937, p. 1028.

autre semicarbazone F 232° en petits losanges jaune serin, solubles dans l'alcool chaud, beaucoup moins solubles à froid.

1° La semicarbazone F 261° par chauffage avec l'acide sulfurique normal libère un produit F 54° qui, par combinaison avec le chlorhydrate de semicarbazide, redonne la semicarbazone F 261°.

La structure de ce composé a été déterminée par oxydation à l'acide nitrique concentré suivant le procédé de Reindel et Niederländer ([5]); on a un solide blanc, acide, F 264°, qu'on a identifié avec l'acide pyromellitique ou benzène 1.2.4.5-tétracarboxylique F 264°.

Cette preuve a été elle-même confirmée par la préparation de l'ester méthylique de cet acide au moyen du diazométhane; on a un solide qui recristallise dans l'alcool méthylique F 141°. C'est l'ester tétraméthylique de l'acide pyromellitique. On peut donc attribuer à la cétone F 54° la formule (*b*) $C_{14}H_{16}O$. C'est la tétrahydro-8.9.10.11 benzo-5.6 méthyl-3 indanone-1.

2° La régénération de la cétone correspondant à la semicarbazone jaune serin F 232° présente quelques difficultés.

L'hydrolyse acide (sulfurique ou oxalique) libère une substance jaune F 190°, soluble dans l'éther, qui se refuse à réagir avec le chlorhydrate de semicarbazide, quel que soit le procédé utilisé.

L'hydrolyse avec l'anhydride phtalique après 12 heures de chauffage à reflux donne, avec rendement de 96 %, une huile jaunâtre $\acute{E}_2$ 151-152° qui, après un séjour prolongé dans la glacière, donne des cristaux F 36°.

Ce composé redonne la semicarbazone F 232° (N % : trouvé 16,22, 16,23; calculé pour $C_{15}H_{19}ON_3$, 16,34) qui confirme qu'on a bien une cétone isomère de (*b*) qui ne peut être que (*c*). C'est la tétrahydro-8.9.10.11 benzo-6.7 méthyl-3 indanone-1.

Ces conclusions sont vérifiées par l'étude des carbures obtenus par réduction des cétones.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle préparation des iodures de méthyle et d'éthyle.* Note de M. **Jean de Postis**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les préparations des iodures d'alcoyle sont connues depuis très longtemps. On éthérifie l'alcool correspondant au moyen de l'acide iodhydrique, lequel est presque toujours produit par l'action de l'iode sur le phosphore au sein de l'alcool à éthérifier : il se forme un iodure de phosphore qui s'hydrolyse en donnant l'acide iodhydrique ([1]). Pour préparer l'iodure de méthyle, on peut aussi utiliser le sulfate diméthylique industriel qu'on fait agir sur l'iodure de potassium : c'est la méthode de Weinland et Schmid ([2]).

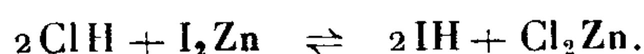
([5]) *Ann. Chemie*, 482, 1930, p. 264.

([1]) Wurtz, *Dictionnaire de Chimie*, I, 2e partie (1868), p. 1318.

([2]) *Ber. d. Chem. Ges.*, 38, 1905, p. 2323.

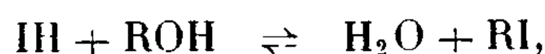
Autrefois de Vrij avait essayé de supprimer l'usage du phosphore en saturant l'alcool à très basse température par du gaz chlorhydrique sec. Le liquide, versé sur de l'iodure de potassium finement pulvérisé, était laissé au contact 24 heures, puis on distillait et purifiait l'iodure obtenu ([3]). Le rendement était mauvais, si bien que la méthode a été abandonnée.

Pour préparer les iodures de méthyle et d'éthyle, j'ai obtenu de bons résultats en faisant barboter du gaz chlorhydrique dans une solution d'iodure de zinc dans les alcools correspondants. Les réactions que j'utilise sont les suivantes



$$2ClH + I_2Zn \rightleftharpoons 2IH + Cl_2Zn.$$

L'équilibre est déplacé vers la droite par la réaction



$$IH + ROH \rightleftharpoons H_2O + RI,$$

qui n'est favorable à la formation de l'iodure, dans les conditions de la préparation, que si l'alcool est moins volatile que son éther iodhydrique. Par conséquent, R sera soit le radical méthyle, soit le radical éthyle.

Mode opératoire. — Dans un ballon de 500^{cm^3} contenant 100^{cm^3} d'alcool méthylique à 99 % et 30^g de zinc en limaille, on introduit, par petites portions, 100^g d'iode. Il faut refroidir à l'eau courante, car la réaction est exothermique.

Quand tout l'iode a disparu, on fait barboter environ 50^g de gaz chlorhydrique, en maintenant la température au voisinage de 20°C.

Quand la dissolution de gaz acide est terminée, on distille doucement ce mélange, et l'on recueille l'iodure de méthyle dans un ballon à demi rempli d'eau. On obtient ainsi facilement 100^g d'iodure de méthyle présentant déjà plus de 98 % de pureté avant rectification. Densité du produit brut à 17°, *d* 2,245 au lieu de 2,288 pour le produit rectifié.

Avec l'alcool éthylique le processus est le même, et le rendement est aussi très bon (plus de 90 % relativement à l'iode). Dans ce cas il reste souvent un peu d'iodoforme avec le résidu de chlorure de zinc.

L'alcool propylique ne donne pas d'aussi bons résultats, car il se forme une certaine quantité d'oxyde de propyle, ce qui abaisse le rendement.

Au lieu de partir des éléments iode et zinc pris séparément, il va de soi qu'on peut directement dissoudre de l'iodure de zinc anhydre dans l'alcool. Mais dans ce cas il faut cependant une petite quantité de zinc métallique dans la solution, pour retenir l'iode qui pourrait provenir de la dissociation partielle de l'acide iodhydrique formé. Grâce à cette méthode, on peut donc facilement récupérer l'iode ayant servi à l'élaboration des organo-métalliques zinc-éthyle et zinc-méthyle.

En résumé, le gaz chlorhydrique réagit sur le zinc et l'iode, combinés au sein de l'éthanol ou du méthanol, pour donner quantitativement les iodures correspondants, dont c'est une bonne préparation.

([3]) *Journal de pharmacie*, **31**, 3e série, 1857, p. 169.

PÉDOLOGIE. — *Pectographie des argiles et des humates.* Note (¹) de MM. **Stéphane Hénin** et **Lucien Turc**, présentée par M. Albert Demolon.

P. Bary (²) a proposé une nouvelle méthode d'étude des colloïdes qu'il a nommée Pectographie. Elle consiste à plonger dans un verre à demi rempli d'une solution colloïdale à 0,5 ou 1 °/₀₀ une lame porte-objet de microscope. Si le verre contenant la suspension est porté près d'un appareil de chauffage, de manière que sa température atteigne 50 à 60°, elle se dessèche et il se forme sur la plaque un dépôt caractérisant les divers colloïdes.

Cette méthode appliquée aux argiles nous a donné les résultats suivants :

Le kaolin et la montmorillonite forment des plaques pouvant atteindre quelques millimètres, à contours arrondis. L'illite donne un dépôt plus ou moins continu. Par contre les attapulgites forment des dépôts constitués par une série de lignes parallèles, à la droite définie par l'intersection du plan constitué par la surface de la suspension et de la lame de verre. Il est remarquable que ces dépôts correspondent à la forme des particules de ces minéraux, telle que nous la révèle le microscope électronique. Les trois premiers minéraux examinés dans ces conditions donnent des plaquettes, le quatrième des fibres. Il est à noter que ce dernier présente souvent, dans la nature, un faciès fibreux. Les dépôts obtenus par la méthode pectographique sont biréfringents et, quand on peut les détacher, l'examen aux rayons X donne des spectres orientés.

On peut obtenir ces dépôts soit sur verre, soit sur plaque de nitrocellulose. Leur formation s'effectue de la manière suivante : lors de la dessiccation, il se constitue au contact de la lame de verre et de la surface de la suspension un dépôt linéaire de substances séchées qui se continue à la surface de la suspension par une pellicule de gel que l'on distingue à l'œil nu. Lorsque la dessiccation se poursuit, le gel se dépose à la surface de la lame immergée et révèle sa structure par dessiccation. Il est possible que les décrochements successifs de la surface de la suspension facilitent la formation des lignes parallèles, car on peut observer des dépôts de ce type, mais d'aspect grossier et irrégulier, avec des minéraux dont les micelles sont en forme de plaques.

L'influence des conditions de formation est mise en évidence par la variation de l'aspect des dépôts quand on modifie le dispositif expérimental. Par exemple, si l'on enferme quelques gouttes d'une suspension entre deux lamelles porte-objet faisant entre elles un angle très aigu, le dépôt est formé d'une série de lignes à peu près parallèles pour toutes les argiles. Dans ce cas, le gel se forme à la surface de la suspension là où le ménisque est le plus grand; il se produit un

(¹) Séance du 21 octobre 1946.

(²) P. Bary, *Revue générale des colloïdes*, 6, 1928, p. 209.

dépôt linéaire, et quand la suspension se dessèche, la lame liquide en se retirant brusquement laisse une ligne nette. Il se forme alors un nouveau dépôt là où le liquide s'est arrêté. Comme le retrait de la lame ne se produit pas toujours simultanément sur toute sa longueur, on constate également quelques lignes plus ou moins obliques. Si à la place de ce dispositif on emploie un verre de montre reposant sur une surface plane, le dépôt est formé d'une série de lignes circulaires à peu près concentriques.

L'examen, suivant la même méthode de Bary, de l'humate d'ammoniaque, fait apparaître une série de lignes parallèles qui sont de couleurs différentes et au contact. Dans ce cas on voit également se former sur le dépôt une série de craquelures rectilignes, perpendiculaires au premier système. On peut en conclure que l'humate d'ammoniaque est constitué par des micelles fibreuses qui, à la dessiccation, se contractent dans le sens de leur longueur.

La nontronite, argile du type montmorillonite, mais qui révèle au microscope électronique des particules allongées, donne un dépôt en lignes parallèles, mais moins nettes que pour les attapulgites. Il semble y avoir aussi tendance à la contraction dans le sens de la longueur, ce qui correspondrait à la formation de fibres par empilement de feuillets élémentaires suivant les plans 001, puisque c'est suivant ces plans que ce produit la contraction des argiles de ce type.

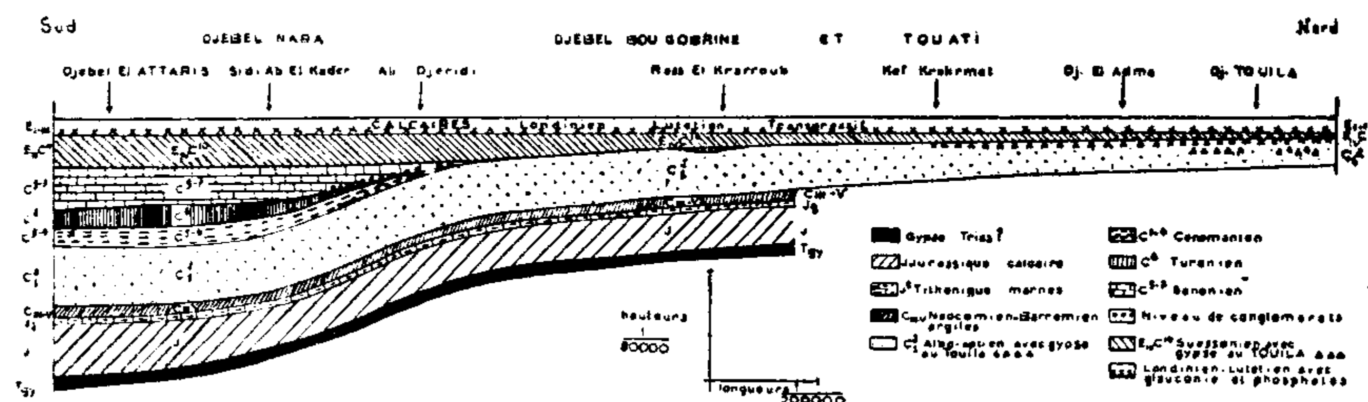
Ces quelques exemples montrent que l'examen pectrographique est susceptible de fournir des renseignements précieux sur la forme et les propriétés des colloïdes argileux et humiques. De plus, la formation de dépôts très fins et réguliers paraît caractéristique du type attapulgite.

Nous avons également observé pour le kaolin et la montmorillonite, à l'aide du deuxième dispositif et sur mica, la formation de dépôts constitués par des filaments anguleux, chaque segment ayant quelques dixièmes à quelques millimètres de longueur, et raccordés entre eux par deux ou par trois. Les angles formés sont assez variables mais semblent tendre vers une moyenne d'environ 120°. Peut-être est-ce là la manifestation de la structure du support ou la conséquence de la structure pseudo-hexagonale de ces minéraux.

GÉOLOGIE. — *Les terrains de la chaîne des Djebels Nara et Touila (Tunisie Centrale).* Note de M. **Gilbert Castany**, présentée par M. Charles Jacob.

Au Nord du Nara, aux Djebels Bou Gobrine, Et Touati et Touila, la série stratigraphique présente des lacunes importantes, principalement dans le Crétacé supérieur. En effet, dès la fin de l'Albien, la bordure septentrionale de cette région est émergée et le territoire du Et Touati et du Touila restera exondé de l'Albien supérieur jusqu'à l'Éocène. Nous avons constaté que la série albienne s'y termine par un banc de dolomie recouvert par un dépôt latéritique de quelques centimètres, et l'on ne connaît au-dessus que du Lutétien calcaire surmontant une vingtaine de mètres de marnes suessoniennes avec banc de gypse à la base.

Au contraire, dans le Sud de la chaîne, aux Djebels Nara, El Attaris et Sidi Kralif, la sédimentation paraît assez continue du Jurassique au Miocène avec des intercalations de faciès néritiques et continentaux.



Au Djebel Nara, la sédimentation commence par des faciès assez profonds au début du Jurassique, avec des calcaires dolomitiques gris bleu, dont la faune la plus ancienne, identifiée par Schœller (1), est d'âge bajocien. Elle se poursuit ainsi jusqu'au Tithonique inférieur. Le Tithonique supérieur étant représenté par des marnes et marno-calcaires, à nombreux fossiles pyriteux, dont une très belle faune décrite par Breistroffer (2) indique des influences alpines.

Au Valanginien et à l'Hauterivien, des dépôts néritiques annoncent le Barrémien, à partir duquel la mer devient *définitivement* épicontinentale et de faible profondeur avec des lumachelles à *Ostrea* et des pisolites ferrugineux. Pendant le Gargasien et au cours de l'Albien inférieur, les sédiments sont franchement détritiques; les grès (Polypiers, Alectryonies) y dominent accompagnés de quelques bancs de dolomies et, à la base, de marnes verdâtres non fossilifères. Il est même vraisemblable qu'il se formait, dans la région du Touila, des îlots émergés avec lagunes d'évaporation et précipitation de gypse. C'est notamment le cas pour les formations gypseuses du Dj. El Adma qui correspondent probablement à un de ces îlots. Malgré des faciès aussi peu profonds, l'épaisseur des couches du Crétacé inférieur et moyen est néanmoins notable et atteint plus de 800^{m} au Djebel El Attaris. On doit donc faire intervenir un phénomène de subsidence qui s'est poursuivi, au Nord du Nara, pendant l'Aptien et l'Albien et, au Sud, pendant le Crétacé tout entier. Dans cette série subsidente, les puissants apports détritiques que représentent les grès albo-aptiens évoquent une importante région émergée située probablement au N.-E., d'où proviendraient les éléments sableux nécessaires. Au Cénomanien, la mer revient sur le territoire du Nara avec des dépôts néritiques comprenant des bancs de lumachelles à Huîtres (*Exogyra flabellata* Goldf., *E. delettrii* Coq., *Alectryonis scyphax* Coq., *Pecten shawi* Per., *Acanthoceras*

(1) *Notice explicative de la feuille au 1/50000 d'Adjeb El Aioun.* (Direction des Travaux Publics, Tunis, 1939).

(2) *C. R. som. S. G. E.*, fasc. I-II, 1937, pp. 18-20.

laticlavium Bosc., etc.). Au-dessus du Turonien, représenté par des marnes surmontées d'un gros banc de calcaire dolomitique (*Cardium productum* Sow.), les marnes blanches et les calcaires crayeux à Inocéranus (*Inoceramus regularis* d'Orb.), du Sénonien, quoique moins grossier, continue à caractériser une mer épicontinentale, chaude, de faible profondeur. Puis les marnes à gypse dites suessoniennes, englobant le Dano-montien, traduisent un retour au régime lagunaire. Les calcaires à Gastéropodes (*Turritella*) qui les surmontent, attribués au Londinten-Lutétien inf., ont été déposés dans une mer transgressive sur tout le massif. Cette formation assez homogène repose, sans discordance apparente, par une couche glauconieuse et phosphatée surmontant le Suessonien, sur les étages inférieurs, depuis le Jurassique jusqu'au Sénonien au Nara et s'étend progressivement vers le Nord sur le Cénomanien, puis sur les grès albiens au Touila.

Le Lutétien supérieur marque une régression assez générale avec apparition de couches de gypse sur toute la chaîne. A partir de l'Éocène supérieur jusqu'au Vindobonien, la sédimentation est en apparence continue, quoique toujours formée de dépôts néritiques, avec, par places, des formations lagunaires, notamment du gypse au Vindobonien, et même continentales avec les grès à plantes de l'Oligocène. Toutefois cette continuité apparente est interrompue par, au moins, une émersion générale à l'Aquitanien. Au Pontien, la région émerge définitivement.

De notre étude se dégagent les faits suivants :

Si l'on excepte l'albo-aptien qui représente des faciès assez homogènes sur toute la chaîne, les autres étages présentent d'importantes variations de faciès et d'épaisseur.

L'aspect épicontinental des dépôts, leurs importantes lacunes, la présence de puissants apports détritiques, enfin la répartition des faciès lagunaires font penser qu'il existait, *dans la région du Sahel*, une zone ayant émergé pendant une grande partie des temps secondaires. Cette hypothèse sur la paléogéographie de la région sera confirmée par des données structurales.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Le principe de différenciation nodifuge et la notion de faisceau*. Note de M. **Fernand Pellissier**, présentée par M. Roger Heim.

Nous avons établi récemment [1] la nature complexe, dès l'origine, du faisceau ligneux foliaire au sein duquel les deux premières trachées juxtaposées, appartenant nécessairement à deux cordons élémentaires différents, nés l'un sur l'autre de deux points initiaux successifs, s'opposent par les directions de leur différenciation.

Les notions de point nodal et de différenciation nodifuge permettent

---

[1] *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 676.

d'apporter une autre démonstration de la nature hétérogène du faisceau vasculaire.

Si l'on étudie les stades successifs de l'évolution sous-initiale d'un cordon élémentaire, considéré indépendamment de toute fusion anastomotique, celui-ci construit de proche en proche, au niveau des nœuds sous-jacents, des

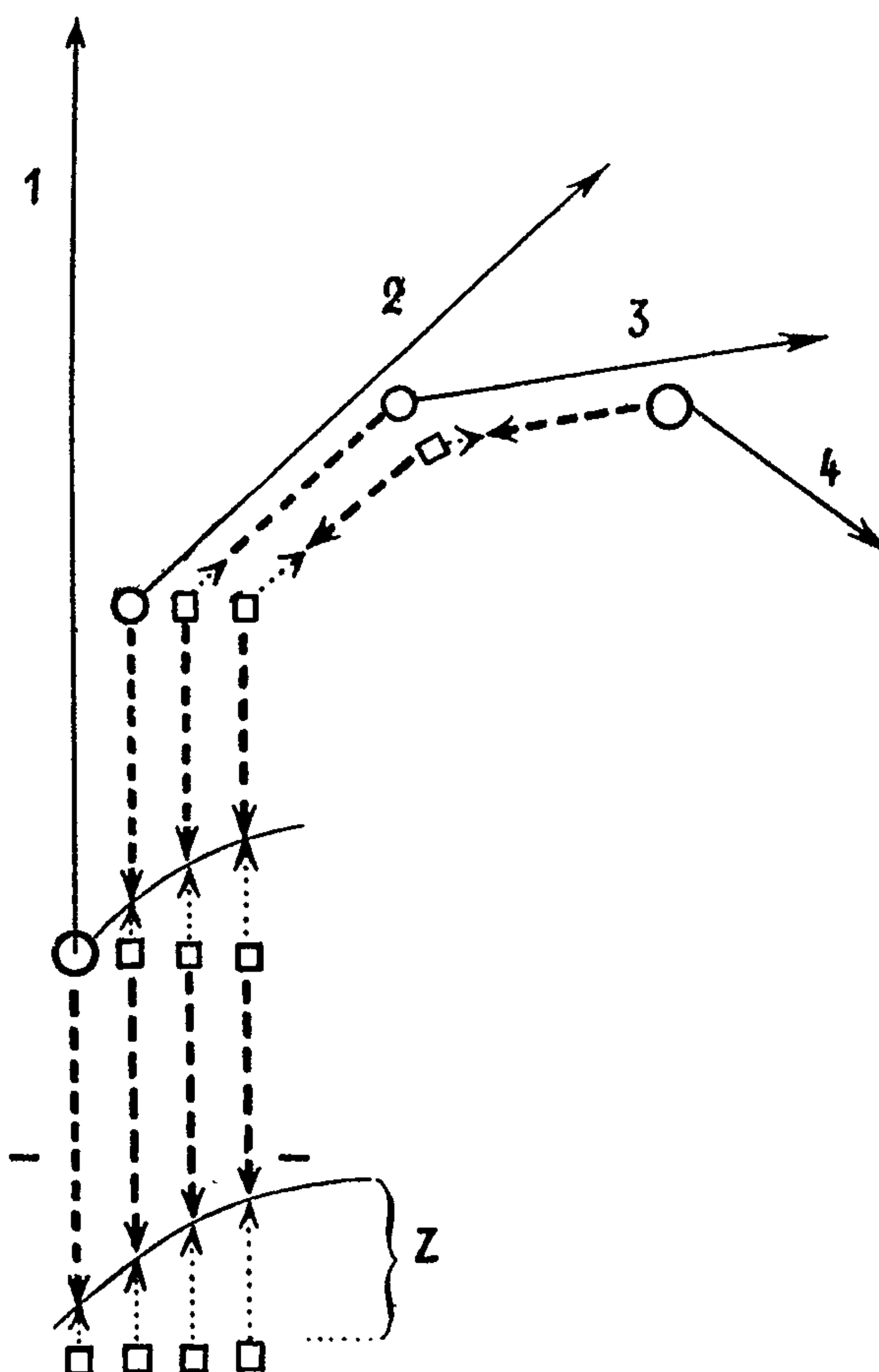


Schéma montrant, dans un même faisceau ligneux, l'opposition des différenciations entre éléments sous-initiaux de cordons élémentaires différenciés successivement.
Z = zone d'opposition des trachées sous-initiales. *Trait plein :* parties supra-initiales; *tirés :* parties sous-initiales basipètes; *pointillé :* parties sous-initiales basifuges.

relais isolés, raccordés ensuite dans l'inter-nœud par le classique processus de différenciation nodifuge.

Toutefois, de haut en bas, dans les entre-nœuds successifs, la zone de jonction entre relais nodaux d'un même système n'occupe pas initialement une place immuable. D'abord basale et proche du nœud inférieur, elle s'élève progressivement dans les six entre-nœuds sous-jacents jusqu'à atteindre un point fixe situé légèrement au-dessous de leur milieu.

Ce phénomène traduit, à notre sens, un ralentissement brutal des différen-

ciations basipètes (ou plus exactement des premières différenciations nodifuges sous-initiales).

Dès lors, si l'on compare, dans la région inférieure d'un même entre-nœud, les éléments sous-initiaux de deux cordons primitifs d'ordres successifs, juxtaposés en un même faisceau, il devient possible de les dissocier (voir la figure). Car, chez celui dont le point initial est proche, les différenciations nodifuges établissent leur jonction à la base de l'entre-nœud; tandis que le cordon né d'un point initial distal, ayant subi un ralentissement de son évolution basipète, raccorde ses différenciations nodifuges vers le milieu de l'entre-nœud (et légèrement au-dessous).

Dans l'intervalle (Z) qui sépare les deux zones de jonction, on constatera donc une opposition des sens de lignification ([2]). Nouvelle conséquence insoupçonnée du jeu des différenciations nodifuges, ce phénomène nous interdit définitivement d'accorder valeur d'unité au faisceau ligneux.

En conséquence, les vocables de faisceau mixte ou à valence multiple parfaitement justifiés pour désigner les formations issues de la fusion de faisceaux plus réduits présentent avant tout un intérêt topographique, comme d'ailleurs le convergent de Chauveaud (réalisant de haut en bas la phase alterne) dont Bouvrain et Mlle Fourcroy ont révélé l'origine complexe.

Seul possède la valeur unitaire le cordon ligneux (unisérié ou bisérié) né d'un point initial unique, et progressant à partir de celui-ci en direction basifuge (généralement de manière continue), et en direction basipète vers la racine (de façon toujours discontinue).

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Découverte en Corse du* Pinus halepensis *Mill. à l'état spontané.* Note ([1]) de MM. **René de Litardière** et **Gustave Malcuit.**

D'après la documentation que nous possédons, le *Pinus halepensis* Mill. était connu en Corse seulement à l'état cultivé (et il est d'ailleurs peu fréquent); J. Briquet (*Prodr. fl. corse,* I, p. 42) le mentionne comme étranger à la flore spontanée insulaire. Dans les autres parties de l'archipel tyrrhénien, cet arbre n'a été signalé que dans l'île de la Gorgona et dans le Sud de la Sardaigne (île de San Pietro, en particulier). La découverte que nous avons faite de cette espèce en Corse, à l'état spontané, est un fait digne de remarque qui témoigne vraisemblablement des relations anciennes entre la Corse cristalline et la Provence, et présente par là un grand intérêt du point de vue géobotanique.

([2]) Il est, de fait, que la fusion entre cordons élémentaires (dont nous avons démontré la réalisation sous la double condition que les trachées anastomosées aient même âge et même sens de différenciation) est particulièrement rare dans cette région inférieure d'un entre-nœud.

([1]) Séance du 21 octobre 1946.

C'est sans doute des Agriates, où précisément nous avons trouvé la plante, que partait l'isthme de jonction entre la Corse et les régions primaires de la Provence, isthme qui s'est effondré avant le Quaternaire (cf. A. Ambrosi, *Géographie physique de la Corse*, p. 85). Disons tout de suite que la plante corse est, par ses caractères morphologiques et anatomiques, absolument semblable au type provençal auquel nous l'avons comparée.

C'est au cours d'une excursion effectuée le 23 juillet 1946 sur la côte des Agriates, en compagnie de M. Lorin, Proviseur du Lycée de Bastia, que nous avons découvert un magnifique et vaste peuplement de Pin d'Alep. Sa spontanéité ne peut faire aucun doute. Il est situé à environ 9^{km} à vol d'oiseau au Nord-Ouest de Saint-Florent, dans une région sauvage (il est hors de place ici d'en décrire la splendeur), très loin d'habitations et fréquentée seulement par de rares pêcheurs et bergers; distante de plus de 8^{km} de la route de Bastia à Ajaccio par Calvi, elle n'est abordable que par mer. La forêt occupe une partie de la presqu'île que termine au Nord la Pointe de Curza ([2]); assez dense suivant une bande d'environ 1200^{m} de long, parallèle au rivage, au Nord de l'embouchure du Zente (point connu dans le pays sous le nom de Saleccia); elle est plus claire sur les pentes du Monte Porcini (114^{m}).

Le substratum est formé de roches protoginiques; dans la région proche de l'embouchure du Zente, ces roches ont été recouvertes de sable qui s'est accumulé sous forme de dunes. La forêt s'étend surtout sur terrain rocailleux ou rocheux, très aride.

Les pins sont de fort belle venue (les plus beaux individus, qui atteignent au moins 10^{m} de haut, se trouvent sur la rive droite de la lagune que forme le Zente à son embouchure et tout près du rivage au voisinage de la Pointe de Curza); la forêt se régénère spontanément; on constate, en effet, la présence de jeunes plants très nombreux et vigoureux. Ajoutons que des essais de gemmage ont été tentés, mais ils sont à l'heure actuelle complètement abandonnés.

Au *Pinus halepensis* se trouvent associés les Phanérophytes énumérés ci-après et que nous avons classés d'après leur degré de fréquence :

Juniperus Oxycedrus L. subsp. *macrocarpa* (Sibth. et Sm.) Ball ([3]) (c. c., dont certains individus sont arborescents), *Rosmarinus officinalis* L. (c. c.), *Pistacia Lentiscus* L. (a. c.), *Cistus monspeliensis* L. (a. c.), *C. salviifolius* L. (a. c.), *C. villosus* L. var. *incanus* (Spach) Freyn (a. c.), *Arbutus Unedo* L. (a. r.), *Phillyrea angustifolia* L. (r.), *Erica arborea* L. (r.), *Olea europaea* L. var. *silvestris* (Mill.) DC. (r.), *Lavandula Staechas* L. (r. r.), *Quercus Ilex* L. (r. r.).

([2]) La localisation du Pin d'Alep en Corse, sur la côte des Agriates, est un fait digne de remarque. De nombreuses espèces offrant un caractère relictuel présentent ainsi une telle localisation dans l'île.

([3]) Ce genévrier n'avait été signalé en Corse que dans les dunes d'Ostriconi et dans le défilé de l'Inzecca.

Quant à la strate herbacée, l'étude devra en être faite au printemps, ses éléments étaient en effet en grande partie méconnaissables. Parmi les plantes les plus intéressantes que nous y avons observées, nous signalerons le *Carex divisa* Huds. var. *chaetophylla* (Steud.) Daveau, connu jusqu'ici en Corse dans un très petit nombre de localités et qui croît dans la partie de la forêt bordant les halipèdes ([4]), sur la rive droite de la lagune du Zente.

ZOOLOGIE. — *Quelques observations biologiques sur* Chirocephalus diaphanus *Prévost* (*Crustacé phyllopode anostracé*). Note ([1]) de MM. **Raymond Poisson**, **Jean Le Calvez** et **Robert Sellier**, présentée par M. Louis Fage.

Un certain nombre de Crustacés phyllopodes font partie de la faune armoricaine : *Triops cancriformis* Bosc., *Lepidurus apus* Leach (Notostracés), *Branchipus stagnalis* Linn., *Chirocephalus diaphanus* Prév., *Artemia salina* Linn. (Anostracés). La biologie de ces Crustacés reste en bien des points encore énigmatique. La présente Note contient quelques indications sur la biologie de *Chirocephalus diaphanus*.

Parmi les Branchiopodes anostracés, la parthénogénèse est surtout connue chez *Artemia salina* depuis les travaux de Artom (1905 à 1931) [cités dans A. Vandel ([2])]. Signalée aussi par A. Abonyi ([3]) chez *Branchipus stagnalis* et *Streptocephalus torvicornis*, cette observation n'a, à notre connaissance, pas été confirmée. Nous n'avons pas constaté de parthénogénèse chez *Ch. diaphanus*, où l'égalité des sexes paraît être la règle dans la région bretonne.

Certains Crustacés phyllopodes se présentent parfois sous deux formes : une forme dite *normale*, apparemment la plus commune et une forme *géante*; les caractères morphologiques, à part la taille, sont strictement identiques dans les deux formes. Ce dimorphisme morphologique a été signalé chez *Branchipus vernalis* Verril aux États-Unis, *Branchipus pisciformis* Schäff., *Chirocephalus grubei* Dybows, *Chirocephalus diaphanus* [P. Fraisse ([4]), E. Simon ([5])]. Pour Simon (*op. cit.*) qui a déjà examiné le cas de *Chirocephalus diaphanus*, il s'agirait là de deux races vivant dans des stations pouvant être voisines, mais

([4]) Ces halipèdes, bien que de faible étendue, offrent une flore très intéressante, présentant les mêmes caractères que celle des halipèdes de Saint-Florent, situés à l'embouchure de l'Aliso. Nous y avons observé cependant quelques espèces que nous n'avons pas notées dans ces derniers ou qui n'y ont pas été signalées : *Agrostis stolonifera* L. var. *maritima* (Lamk.) Koch, *Aeluropus littoralis* (Gouan) Parl. subsp. *vulgaris* (Coss.) Maire, *Juncus Gerardi* Lois., *Bupleurum tenuissimum* L.

([1]) Séance du 21 octobre 1946.

([2]) *La parthénogénèse*. Paris, 1931.

([3]) *Allatani Közlemények*, **10**, 1941, p. 1.

([4]) *Zool. Anz.*, **131**, 1880, p. 284.

([5]) *Ann. Soc. Entom.*, **55**, 1886, p. 393.

ne se mélangeant pas. Nous connaissons actuellement dans la région rennaise plusieurs stations de *Ch. diaphanus*; ce sont des mares temporaires à fond argileux ne possédant guère comme végétation que des touffes d'algues vertes filamenteuses et un phytoplancton d'*Euglena* Ehrenb., *Trachelomonas* Ehrenb., *Chlamydomonas* Ehrenb., etc. Deux de ces stations sont voisines; l'une était peuplée au début de 1946 de Chirocéphales de taille normale; l'autre d'individus géants mesurant le double des précédents, soit 40^{mm} environ. Aucun mélange des deux formes n'a été constaté pendant la durée des observations, jusqu'au début de l'été. Les Chirocéphales n'étaient d'ailleurs pas associés à d'autres Phyllopodes branchiopodes, mais seulement à des Cladocères et à des Copépodes.

Le déterminisme du gigantisme de ces Phyllopodes reste à élucider. Pour Brauer [6], il serait dû à une alimentation, plus active des formes géantes, celles-ci vivant toujours associées, d'après cet auteur, à des *Apus*, lesquels, en agitant constamment la vase, fourniraient aux Chirocéphales une nourriture plus abondante. Mais cette hypothèse ne semble pas devoir être retenue puisque, dans la station étudiée, les Chirocéphales géants n'ont jamais été trouvés en compagnie de *Triops* ou de *Lepidurus*.

Le dimorphisme morphologique ne s'observe pas dans les œufs qui sont rigoureusement de même taille chez les deux formes de *Ch. diaphanus* : 270$^{\mu}$ de diamètre environ.

Le gigantisme chez *Ch. diaphanus* n'est pas, non plus, le fait d'un état de polyploïdie comme on pouvait le supposer. L'étude cytologique comparée des deux formes nous a montré que le nombre de chromosomes est le même chez les individus normaux et chez les individus géants ($2n = 24$).

Des formes géantes conservées au laboratoire ont pondu; les œufs, après assèchement du bac d'élevage et sa remise en eau au bout d'une quinzaine de jours, ont éclos et ont finalement donné naissance à des Chirocéphales géants, bien que les conditions alimentaires réalisées en aquarium ne soient certainement pas aussi favorables que celles existant dans les stations naturelles. Ces premiers résultats nous permettent par conséquent d'envisager que le gigantisme chez *Chirocephalus diaphanus* est un phénomène vraisemblablement héréditaire. Les essais de croisement interracial sont jusqu'ici demeurés sans succès.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Sur la présence de cellules et fibres nerveuses sympathiques dans la rétine de l'Homme et des Mammifères.* Note [1] de M. **Jacques Mawas**, présentée par M. Justin Jolly.

L'existence de cellules et de fibres nerveuses sympathiques dans la rétine n'a jamais été signalée.

---

(6) *Bol. Gesellsch. in Wien.*, **23**, 1873, p. 279.

(1) Séance du 21 octobre 1946.

Cependant lorsqu'on étudie soit des rétines humaines, soit des rétines de Mammifères, étalées à plat et imprégnées par les différentes techniques neurofibrillaires, on constate dans la couche même des fibres du nerf optique, le plus souvent en dedans d'elle, au contact de la limitante interne, l'existence de fibres nerveuses épaisses, rectilignes ou légèrement ondulées. Ces fibres, relativement rares, ont un aspect trapu. Elles se colorent intensément par l'argent réduit. Elles diffèrent des fibres optiques environnantes, moins argyrophiles, infiniment plus nombreuses et beaucoup plus fines. Quelques-unes des fibres en question sillonnent la rétine sur plusieurs centimètres de longueur; elles sont indépendantes du système des fibres optiques dont elles ne suivent pas toujours le même chemin. Disons immédiatement qu'elles n'ont rien de commun avec les fibres centrifuges. Nous connaissons parfaitement bien aujourd'hui l'origine, le trajet et la terminaison de ces dernières. Les mémorables travaux de von Monakow, de van Gehuchten, de E. Frey et surtout ceux de Ramon y Cajal, les observations cliniques ou physiologiques de M. Monnier, A. Franceschetti et d'autres nous ont suffisamment instruits en ce qui les concerne. Les fibres centrifuges, comme leur nom l'indique, proviennent du cerveau et se terminent dans la rétine, celles que nous étudions dans cette Note sont d'origine périphérique. D'où viennent-elles ? A quoi correspondent-elles ? Sur certaines préparations, on peut les voir naître de cellules spéciales, d'aspect ganglionnaire. De forme arrondie ou ovalaire, ces cellules s'imprègnent facilement par le nitrate d'argent ammoniacal. Elles ont toutes un noyau arrondi, parfois complètement masqué par l'imprégnation. Quelques-unes ont une forme en raquette, dont la poignée, qui va en s'amincissant, constitue le cylindre-axe. Autour du noyau, il existe une zone protoplasmique dense, enveloppée par une couche plus claire en contact avec une paroi cellulaire bien limitée. La plupart de ces cellules sont unipolaires, quelques-unes bipolaires. Elles sont toutes situées dans la couche la plus interne des fibres optiques, du côté du corps vitré.

Il est remarquable de constater que la plupart de ces cellules avoisinent les vaisseaux.

Faisons observer : 1° que les cellules que nous venons de décrire ne sont pas des cellules immigrées de la couche de cellules ganglionnaires multipolaires, d'origine cérébrale, dont elles diffèrent par l'aspect, la structure et les rapports; 2° qu'elles ne sont pas des cellules dégénérées en voie d'élimination; 3° qu'elles ne donnent naissance à aucune fibre optique; 4° qu'elles sont rares, isolées le plus souvent et éloignées les unes des autres; 5° qu'elles sont uni- ou bipolaires. Ces caractères suffisent amplement pour les distinguer nettement des cellules multipolaires, dont les cylindre-axes s'accumulent plus profondément, pour constituer la couche des fibres optiques.

En résumé, il existe dans la rétine en plus des éléments sensoriels, nerveux et conjonctifs, qui constituent ses dix couches aujourd'hui parfaitement

connues, d'autres cellules et d'autres fibres nerveuses, qui ont échappé aux nombreux auteurs qui ont étudié la rétine par les techniques argentiques ou par le bleu de méthylène ([2]).

Nous devons nous demander pour finir à quel système rattacher les éléments que nous venons de découvrir. Pour les raisons données plus haut, nous estimons qu'il s'agit de cellules nerveuses de nature sympathique. On peut les comparer à celles découvertes par J. Renaut en 1882, dans l'épendyme, et étudiées depuis par de nombreux auteurs soit dans l'épendyme et les cavités ventriculaires des mammifères, soit dans l'infundibulum et le sac vasculaire de certains poissons. Elles rentreraient ainsi dans le groupe de neurones viscéro-sensitifs du névraxe qui forment par leur ensemble les voies viscéro-sensitives centrales sur l'existence desquelles il n'est plus permis aujourd'hui d'avoir le moindre doute.

Comment sont-elles venues jusqu'aux confins de la rétine ? On ne peut faire à leur sujet que des hypothèses. Seule une étude embryologique approfondie décidera si elles dérivent de la crête neurale en s'intégrant à la cupule optique primitive ou si elles proviennent, ce qui nous paraît le plus plausible, du ganglion caverneux, en suivant la voie sanguine de l'ophtalmique et de l'artère centrale.

Il nous semble superflu d'insister sur l'importance physiologique et pathologique de ce nouveau *système viscéro-sensitif-rétinien*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un bilan des produits secondaires de la fermentation alcoolique*. Note de MM. **Louis Genevois, Emile Peynaud, Jean Ribereau-Gayon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons dosé, dans des milieux ayant subi la fermentation alcoolique par des levures de vin, les produits suivants :

1° Le glycérol, selon une méthode inspirée de MM. Fleury et Fatome, et de MM. Michel et Ferre ([1]). Soit *g* le nombre de millimolécules de glycérol ainsi trouvé.

2° L'acide succinique, selon une technique récemment décrite par l'un de nous ([1]), ([2]). Soit *s*.

3° L'acide acétique, selon Duclaux ([1]), ([2]). Soit *a*.

4° Le butylèneglycol, selon une nouvelle technique décrite par l'un de

([2]) Nous n'avons rien trouvé les concernant, ni dans les traités classiques, ni dans les Mémoires les plus récents, pas plus que dans la magnifique monographie de Ramon y Cajal, sur la *Rétine*, publiée dans les *C. R. du Congrès international d'ophtamologie de Madrid*, 1933, 2, III.

([1]) J. Ribereau-Gayon et E. Peynaud, *Vins. Manuel d'analyses chimiques*, 1946.

([2]) E. Peynaud, *Annales de Chimie analytique*, 28, 1946, pp. 111 et 127.

nous ([3]), qui comporte un entraînement à la vapeur d'eau du glycol, à partir du vin saturé de carbonate de sodium, une oxydation periodique du glycol en éthanal, enfin un dosage spécifique de l'éthanal, éliminant le méthanal par combinaison à pH9 avec l'asparagine (méthanal issu de l'oxydation du glycérol entraîné avec le glycol). Soit *b*.

5° L'éthanal, selon Jaulmes et Espézel. Soit *h*.

6° L'acide pyruvique a été recherché; il était indosable.

7° L'acéthylméthylcarbinol est indosable, ou inférieur à 10^{mg} par litre.

Nous avons répété ces dosages sur 8 fermentations conduites au laboratoire dans des milieux stériles, ensemencés de levures pures sélectionnées, et sur 22 vins qui ne montraient pas trace de piqûre.

Il apparaît alors une relation remarquable entre les quantités dosées, qui est

$$5s + 2a + b + h = \Sigma = 0,9g. \quad (1)$$

Une relation analogue avait été prévue par l'un de nous en 1936 ([4]), en admettant que

a. le glycérol provienne d'une fermentation glycéropyruvique;

b. l'acide succinique résulte d'une réaction de condensation, de décarboxylation et de Cannizzaro, portant sur 5^{mol} d'acide pyruvique ou d'éthanal, le bilan de cette réaction étant



$$5CH_3COCO_2H + 2H_2O = 5CO_2 + CO_2HCH_2CH_2CO_2H + 3CH_3CH_2OH;$$

c. l'acide acétique résulte d'une réaction de Cannizzaro portant sur 2^{mol} d'éthanal



$$2CH_3CHO + H_2O = CH_3CO_2H + CH_3CH_2OH;$$

d. le butylèneglycol provienne de la condensation de deux molécules d'éthanal en une molécule d'acétylméthylcarbinol, et réduction ultérieure en diol; tout se passe au point de vue du bilan comme si une molécule d'éthanal se condensait avec une molécule d'éthanol.

Si ces réactions suffisaient à représenter la totalité des phénomènes se passant dans la fermentation alcoolique, l'équation (1) ne contiendrait pas le facteur 0,9; ce facteur expérimental montre que 10 % environ des produits de destruction de l'acide pyruvique prennent des formes encore non décelées; deux d'entre nous ont signalé récemment ([5]) la présence d'un acide donnant de l'acétone, par oxydation permanganique ménagée, ce qui est un des caractères de l'acide citrique.

Voici les résultats expérimentaux; on remarquera que *s*, *b*, *h* sont du même ordre, et que a/s varie de 1 à 5, que *g* varie de 5 à 9, *s* de 3 à 6,3, *b* de 2,9 à 9, *h* de 0,7 à 3,8.

([3]) E. Peynaud, *Bull. Soc. Chim.* (à l'impression).

([4]) L. Genevois, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 18, 1936, p. 295.

([5]) J. Ribereau-Gayon et E. Peynaud, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 457.

Malgré ces variations considérables, la somme Σ reste, aux erreurs de dosage près, égale à 0,9. Les chiffres sont des millimolécules pour 10¹ de milieu fermenté.

Levure.	Milieu.	pH.	*g.*	*a.*	*s.*	*b.*	*h.*	Σ.	1000 Σ/*g*.
1. Pomerol........	Sacch. + lev.	3,13	650	169	37	75	11	609	937
2. »	»	3,58	720	178	41	80	9	650	902
3. St-Émilion......	»	6-4	840	250	33	91	8	764	914
4. Jus concentré...	»	»	880	190	60	71	10	761	865
5. Quinsac........	»	»	620	156	31	64	7	538	867
6. Pomerol........	Jus de raisin	3,1	510	99	39	29	16	438	860
7. St-Émilion (1)..	»	»	510	97	38	30	38	452	885
8. » (2)..	»	»	630	75	63	32	34	531	845

Les milieux 1 et 2 étaient tamponnés à l'acide tartrique; 3, 4, 5 n'étaient pas tamponnés et s'acidifiaient par les acides de fermentation. Ces cinq milieux contenaient 175^{g} de saccharose et 100$^{cm^3}$ d'eau de levure par litre. Le jus de raisin utilisé contenait 182^{g} de sucre au litre.

BACTÉRIOLOGIE. — *Recherches sur le rôle des microorganismes dans l'altération* (*dite* « maladie des pierres ») *des façades des monuments à Paris*. Note de MM. **Jacques Pochon** et **Yao-Tseng Tchan** présentés par M. Gabriel Bertrand.

Un des types d'altération les plus fréquemment observés sur les pierres des façades des monuments urbains est caractérisé par une exfoliation de la couche de « calcin » superficiel qui se boursoufle, puis se détache, laissant apparaître une fine poussière d'un gris jaunâtre, reposant sur la pierre qui est devenue friable et se détache aisément. La pétrographie a depuis longtemps fait connaître que la proportion de gypse, dans les parties ainsi atteintes, est considérable. De nombreuses hypothèses ont été émises pour expliquer cette formation de sulfate de calcium. L'atmosphère des villes est riche en SO_2, moins riche en SO_3 et, tout au moins actuellement, à Paris, contient des traces de SH_2. L'oxydation de SO_2 en SO_3 se ferait dans l'atmosphère, sous l'action des rayons solaires, et ce serait l'acide sulfurique ainsi formé qui attaquerait la pierre. On a aussi pensé à un rôle catalytique du calcin qui réaliserait, *in situ*, cette transformation.

Sachant la très grande activité, au sein du sol, des Bactéries oxydant le soufre et ses composés SO_2, SH_2, S_2O_3, polythionates, nous avons cherché à voir si ce processus biologique ne pourrait être à l'origine du type d'altération décrit ci-dessus, d'autant plus que l'aspect évoque souvent celui de véritables *lésions*, comme en témoigne le terme imaginé classique de « maladie des pierres ».

Dans ce but, nous avons préparé un milieu liquide salin où l'azote était fourni sous forme ammoniacale et le soufre sous forme de sulfite ou de sulfure

(de fer ou de sodium); ce milieu de culture ne contenait pas de carbone organique, les Bactéries hypothétiques à isoler devant être autotrophes et utiliser l'énergie, produite par l'oxydation des composés soufrés, pour fixer le carbone minéral. Nous avons également préparé des plaques de silico-gel ([1]) imprégnées avec une solution saline où le soufre se trouvait sous la forme de $S_2O_3Na_2$ ([2]). Tous ces milieux ont été ensemencés avec des particules pulvérulentes de pierres malades prélevées à Notre-Dame-de-Paris (balustrade, façade Ouest; tour Sud, face Nord).

A notre grande surprise, aucune culture n'a été obtenue avec les milieux à SO_2 et S_2O_3, alors qu'avec SH_2 le milieu se troublait et l'examen microscopique mettait en évidence des Bactéries qu'il était relativement facile d'isoler à l'état pur. En réalité différentes souches ont été étudiées, assez proches les unes des autres : ce sont des cocco-bacilles, ne se colorant pas par la méthode de Gram, immobiles, autotrophes facultatifs, aérobies stricts; ils utilisent l'azote sous forme de NH_3, NO_3 et NO_2; le soufre uniquement sous la forme de SH_2 et celui-ci est oxydé en SO_3. Ces germes sont d'ailleurs, dans les conditions de culture au laboratoire, peu résistants et difficiles à entretenir par passages.

Le rôle de ces Bactéries, à partir de SH_2, semblait assez difficile à expliquer, mais récemment Bourcart ([3]) a montré que, dans ce type de lésions, on trouvait, en même temps que le gypse, une forte proportion de sulfures, sous forme de sulfure de fer; celui-ci provient en partie de la pierre elle-même (il s'agit dans le cas particulier étudié par Bourcart de tuffeau), en partie des eaux de pluie et atteint presque le taux de $1^g,5$ °/₀₀, alors que la pierre de carrière n'en contient pas plus de $0^g,34$ °/₀₀.

Il semble donc logique de penser que des Bactéries du type de celles que nous avons étudiées dans les altérations des pierres, Bactéries provenant des eaux de pluie et de l'atmosphère, pourraient jouer un rôle dans la transformation, *in situ*, de SH_2 en SO_3, si des conditions d'aération, de porosité et d'humidité favorables se trouvent réalisées.

A 15^h50^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h.

A. Lx.

([1]) Winogradsky, *Ann. Inst. Pasteur*, **40**, 1926, p. 455.

([2]) Tchan, *Thèse Doct. Sc.*, Paris, 1945.

([3]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 290.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 NOVEMBRE 1946.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Ernest Gaümann**, Directeur des Instituts de Botanique de l'École supérieure polytechnique fédérale de Zurich, **Holbrook Mann Mac Neille**, Professeur au Kenyon College, Directeur des recherches de l'Amirauté américaine à Londres, qui assistent à la séance.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion de la fête de l'Armistice, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 13 novembre au lieu du lundi 11.

M. **Albert Pérard** annonce à l'Académie que le Comité international des Poids et Mesures a tenu, du 22 au 29 octobre, sa première session officielle depuis 1937. Sur 15 membres, dont 5 nouveaux élus, 11 ont été présents. Les Membres suédois, yougoslave et roumain, qui devaient aussi venir, n'ont pu, semble-t-il, accomplir leur voyage; du Membre japonais, on n'avait aucune nouvelle.

M. John Edward Sears, de nationalité anglaise, a été élu Président jusqu'à la session suivante, et M. Marcel Dehalu (Belge), Secrétaire.

Le Comité a entendu et approuvé les Rapports du Directeur du Bureau international, qui résumaient les travaux de haute métrologie accomplis depuis 1937 malgré les difficultés de la guerre.

Sans parler des résolutions d'ordre administratif, toutes favorables à la bonne marche et au développement ultérieur du Bureau international, il convient de noter les intéressantes discussions qui ont eu lieu :

sur l'emploi futur, comme étalon primaire de longueur, d'une longueur d'onde lumineuse donnée, soit par l'isotope 198 du mercure, obtenu en partant de l'or, soit par l'isotope 84 du krypton;

et sur le repère thermométrique que pourrait constituer le point triple de l'eau, plus précis que le point de fusion de la glace.

Les décisions les plus importantes ont été celles qui se rapportent aux changements d'unités.

Les unités électriques actuelles du système pratique dites *internationales*, à caractère conventionnel, reposant sur des phénomènes physiques, seront remplacées par les unités *absolues* dérivant du système M. K. S. (mètre, kilogramme, seconde), qui devront être mises partout en application à partir du 1er janvier 1948. Les rapports de transformation sont les suivants :

1 ohm international moyen = 1,00049 ohm absolu,
1 volt » » = 1,00034 volt absolu.

A la même date, devra également entrer dans la pratique la *bougie nouvelle*, de grandeur pratiquement identique à la bougie internationale (*bougie décimale* dans la loi française), mais définie par la brillance du corps noir qui, à la température de solidification du platine, sera de 60 de ces bougies nouvelles par centimètre carré.

Au sujet de l'unité de chaleur, que le Comité consultatif de Thermométrie et Calorimétrie auprès du Comité international proposait de faire dépendre de l'unité d'énergie, joule ou watt-heure, avec définition de la calorie comme équivalente à 1/860 watt-heure, la décision, après discussion, a été reportée à plus tard.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Sur l'origine de la découverte de la Radioactivité.* Note de M. **Gabriel Bertrand**.

On vient de commémorer, par une belle série de conférences au Muséum d'Histoire naturelle et à l'École Polytechnique, l'une des plus grandes découvertes dont la Science se soit enrichie, la découverte de la Radioactivité.

Je crois intéressant de faire connaître que si cette découverte ne date officiellement que des publications de Henri Becquerel à l'Académie des Sciences en 1896 et, plus précisément, de celles du 30 mars et du 18 mai, la première observation par ce savant d'un phénomène dû à la radioactivité est très notablement antérieure.

Notre illustre Confrère vint un jour me voir dans le laboratoire que j'occupais derrière le grand amphithéâtre du Muséum d'Histoire naturelle, à quelques pas de la maison qu'il habitait et du laboratoire où il travaillait.

Il me présenta un petit bloc noir que je reconnus immédiatement à son aspect et à sa densité pour de la pechblende. C'était bien de la pechblende, me confirma-t-il. Il avait enfermé dans un tiroir une plaque photographique, enveloppée de papier à aiguilles, après avoir posé dessus le morceau de pechblende. Lorsque, après quelques jours, il se servit de la plaque, une grande tache apparut au développement, tache qu'il reconnut de la grandeur et de la forme du morceau de pechblende. « Pouvez-vous, ajouta-t-il en terminant, me donner comme chimiste une explication de ce phénomène? ».

J'avais eu l'occasion d'étudier la pechblende quelques années avant dans le laboratoire de Frémy et d'en faire une analyse aussi complète que possible. Je répondis à Henri Becquerel que ce minerai était ordinairement très complexe, pouvait contenir des sulfures, que sous l'influence de l'air humide son échantillon avait peut-être dégagé des traces d'hydrogène sulfuré imperceptibles à l'odorat, mais auquel la couche de gélatino-bromure d'argent était extrêmement sensible. Étant donnée la compacité de la pechblende, je ne tenais pas cette explication pour très probable, mais elle n'était pas impossible. En tout cas, on pouvait la vérifier, par exemple en recouvrant la plaque photographique d'une feuille de papier à chocolat (cette feuille était alors en étain) ou, plus spécifiquement, de papier à filtre imprégné d'un sel de plomb. D'accord avec lui, j'abreuvais une feuille de papier Berzélius d'une solution d'acétate de plomb et, après égouttage et dessiccation, je lui apportais.

Quelques jours plus tard, Henri Becquerel revint me voir et m'informa que mon explication n'était pas exacte mais, ajouta-t-il, *j'en ai trouvé une*. Je n'eus pas l'indiscrétion de lui demander en quoi elle consistait; les découvertes qui suivirent m'apportèrent l'éclaircissement attendu et, du même coup, elles nous révèlent que l'impression fortuite d'une tache provoquée par la pechblende sur une plaque photographique est la première observation qui fut faite par Henri Becquerel de la radioactivité.

A quelle date se situe cette observation mémorable ? Comme il est mentionné plus haut, elle est très notablement antérieure et même curieusement antérieure aux publications de 1896. Je ne puis en fixer le jour; elle est éloignée de plus d'un demi-siècle et ne repose que sur ma mémoire. Mais j'ai, pour la déterminer avec une précision suffisante, des points de repère très sûrs.

Quand Henri Becquerel a communiqué à l'Académie des Sciences sa riche moisson d'expériences, je n'étais plus son voisin. La chaire de Chimie appliquée aux corps organisés du Muséum avait quitté le grand amphithéâtre et s'était installée au 61 de la rue Buffon. C'est donc avant ce déménagement qu'avait eu lieu l'observation de Henri Becquerel. D'après mes souvenirs et la consultation de mes cahiers de laboratoire, ce devait être avant la fin de 1893 ou, au plus tard, au commencement de 1894, par conséquent deux années au moins avant que Henri Becquerel ait récolté le fruit mûr de ses réflexions et de ses expériences [1].

Il est difficile de savoir en quoi a consisté le travail du savant physicien durant ce long intervalle. Mais, connaissant les belles recherches sur la luminescence et sur l'uranium qui avaient déjà illustré le laboratoire de Physique

---

(1) J'ai demandé à l'Administration du Muséum quand avait eu lieu le déménagement de la chaire de Chimie. Mais les archives de cette époque, déjà éloignée, sont en dépôt à la Bibliothèque Nationale et, en raison des fêtes de ces derniers jours, je n'ai pas encore obtenu ce renseignement.

du Muséum, il est logique de penser que Henri Becquerel réfléchissant que la pechblende est un minerai d'uranium, un oxyde de ce métal, a dû imaginer tout de suite que le phénomène dont il avait été le premier observateur pouvait très bien être dû à l'atome même de l'uranium; et, sans doute, a-t-il comparé à la pechblende diverses combinaisons de la même série métallique, dont il ne devait pas manquer dans sa collection. Il restait indiqué de chercher ensuite si d'autres métaux, d'autres substances, pouvaient, à des degrés divers, présenter le même caractère, à reconnaître enfin, ce qui était le plus difficile, si l'action, en tout cas extraordinaire, de l'uranium est primitive ou secondaire, due à une émanation directe du métal ou provoquée par la transformation d'une radiation invisible et très pénétrante. Mais on ne saura avec certitude ce qui s'est passé dans le laboratoire de Physique du Muséum entre 1893 et 1896 que si l'on en trouve quelque trace matérielle, en particulier des notes rédigées à ce sujet.

Ce qui reste certain, c'est que l'immense chaîne de découvertes qui va de la démonstration d'un rayonnement nouveau invisible et pénétrant, d'une intensité constante, indépendante du temps, de l'atome d'uranium, à la découverte d'autres métaux encore plus radioactifs, tels que le radium, le polonium, l'actinium, jusqu'à la radioactivité artificielle et la transmutation des éléments, a trouvé son point de départ dans une expérience forfuite, mais observée et magistralement étudiée par Henri Becquerel.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Œnothéracées. Développement de l'embryon chez le* Circæa lutetiana *L.* Note ([1]) de M. **René Souèges**.

L'étude embryogénique du *Circæa lutetiana* a conduit aux résultats les plus heureux et les plus encourageants. Dans le 1er groupe de la classification périodique, la case correspondant au mégarchétype V était jusqu'ici restée vide ([2]). Le *Circæa lutetiana* vient aujourd'hui l'occuper; il représente un type embryonomique bien défini qui devient l'archétype, ou chef de file d'une famille embryogénique toute nouvelle. Ainsi se trouvent encore une fois démontrées la valeur des précisions auxquelles peut conduire le système périodique et la bonne qualité de cet outil de travail pour l'établissement des caractères embryogéniques différentiels.

A la deuxième génération à partir de l'œuf, se constitue, chez le *Circæa lutetiana*, une tétrade en T par division longitudinale de la cellule apicale (*fig.* 2) et division transversale de la cellule basale (*fig.* 3). A cette tétrade succède, par bipartitions régulières, un proembryon octocellulaire à 4 étages, *q*, *m*, *n* et *n'*, comportant au sommet 4 quadrants disposés autour de l'axe dans un plan horizontal (*fig.* 7). Les 4 quadrants se segmentent transversalement pour engendrér 2 étages, *l* et *l'*, de 4 octants (*fig.* 8, 9), tandis que les

---

([1]) Séance du 28 octobre 1946.

([2]) R. Souèges, *Embryogénie et Classification*, 2e fasc., Paris, 1939.

4 éléments inférieurs du proembryon octocellulaire demeurent encore indivis; de la sorte, à la 4ᵉ génération, le proembryon, au lieu de posséder 16 cellules, n'est que dodécacellulaire.

Dans les octants supérieurs, *l*, les cloisons sont nettement périclines et séparent d'emblée le dermatogène (*fig.* 11, 12). Dans les quatre cellules intérieures, des parois verticales isolent ensuite, extérieurement, des éléments, *cot*, dont deux diamétralement opposés sur le plan transversal deviennent cellules mères des cotylédons, et, autour de l'axe, quatre nouvelles cellules qui entrent dans la construction du point végétatif de la tige (*fig.* 14, 15).

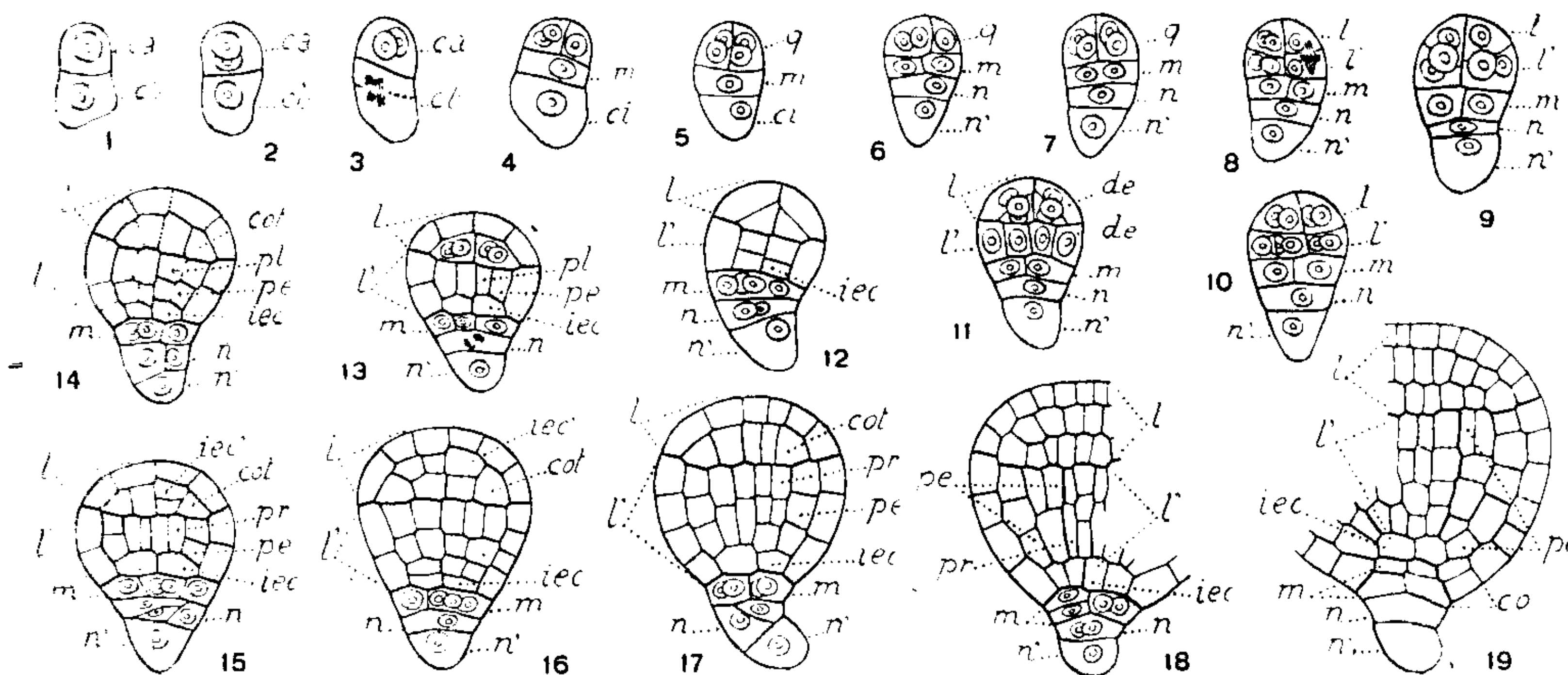


Fig. 1 à 19. — *Circæa lutetiana* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *q*, quadrants; *m*, cellule intermédiaire de la tétrade ou primordium de la coiffe; *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci* ou suspenseur proprement dit; *l*, octants supérieurs ou partie cotylée; *l'*, octants inférieurs ou partie hypocotylée; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *pr*, péricycle; *iec*, *iec'*, initiales de l'écorce de la racine et de la tige; *cot*, cellule-mère d'un cotylédon; *co*, coiffe. G. = 290.

Jusqu'aux stades les plus avancés, les éléments composant l'étage *l*, correspondant à la partie cotylée, demeurent bien distincts des éléments produits, en *l'*, par les octants inférieurs.

Les premières segmentations, dans ces derniers, sont verticales et isolent extérieurement le dermatogène (*fig.* 11). Dans les quatre cellules intérieures s'établissent, selon un processus décrit pour la première fois au sujet des *Nicotiana* [2], des cloisons transversales qui séparent, inférieurement, les quatre initiales de l'écorce de la racine, *iec* (*fig.* 12), et, vers le haut, des éléments qui, par divisions verticales, donnent les cellules mères du périblème *pe*, et du plérome *pl* (*fig.* 13). Les cellules de périblème se segmentent transversalement (*fig.* 14, 15), plus tard longitudinalement (*fig.* 18, 19) et, selon la règle générale, en tout premier lieu, au voisinage de la partie cotylée. Les cellules de plérome prennent tout d'abord des cloisons transversales (*fig.* 14) ou bien longitudinales; dans ce dernier cas, les premiers éléments du péricycle se trouvent directement individualisés (*pr*, *fig.* 15); dans le premier cas, ils ne le sont qu'au terme des divisions suivantes (*fig.* 17).

Parfois, les initiales de l'écorce de la racine, déjà différenciées en 12, 13, 14, peuvent se cloisonner transversalement (*fig.* 16) pour donner, vers le bas, des cellules-filles qui constituent les initiales définitives et, vers le haut, de nouveaux éléments qui, par divisions

(²) R. Souèges, *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 1125; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **69**, 1922, pp. 163-178.

longitudinales isolent, intérieurement, les initiales du plérome, extérieurement des unités cellulaires qui s'ajoutent à celles dont se compose déjà le périblème.

Les deux blastomères constituant l'étage *m* dans le proembryon octocellulaire (*fig.* 8, 10) produisent, par segmentations verticales, 4 cellules circumaxiales (*fig.* 12 à 17) qui prennent assez tardivement des cloisons horizontales; ces cellules engendrent la portion médiane ou primordium de la coiffe (*fig.* 18, 19). Les deux blastomères *n* et *n'* (*fig.* 8, 10) entrent dans la construction d'un suspenseur rudimentaire.

Les lois du développement, chez le *Circæa lutetiana*, sont fort nettes et assez constantes; elles n'offrent des variations ou l'apparence du désordre que dans les formes embryonnaires mal orientées ou frappées d'avortement. Il en ressort d'une manière incontestable : 1° que, à la 2ᵉ génération cellulaire, il s'édifie une tétrade T régulière conforme à celle qui sert à définir le 1ᵉʳ groupe embryogénique; 2° que les initiales de l'écorce de la racine tirent origine de la cellule apicale du proembryon bicellulaire et que la cellule basale produit seulement le primordium de la coiffe et le suspenseur, faits sur lesquels se base la définition du mégarchétype V. En marge de ces données essentielles, qui fixent la place du *Circæa lutetiana* dans la classification périodique, on peut noter que, par suite de la différence de vitesse des segmentations dans la cellule apicale et dans la cellule basale (*fig.* 2 à 5), les formes, à la 4ᵉ génération, ne possèdent que 12 éléments au lieu de 16. Cela permettrait de supposer que le type embryonomique du *Circæa* ne serait qu'un dérivé d'un archétype mieux caractérisé, dans lequel les bipartitions procéderaient régulièrement, au moins jusqu'au terme de la 4ᵉ génération cellulaire. Entre cet archétype et le *Circæa* existeraient des rapports comparables à ceux qui ont pu être établis entre les *Hyoscyamus* (⁴) et les *Nicotiana*, plantes du même mégarchétype que le *Circæa*, mais se rattachant au troisième groupe embryogénique.

Il faut ajouter que, par les destinées de la cellule basale, par l'origine et le mode de différenciation des initiales de l'écorce de la racine, le *Circæa lutetiana* se sépare nettement des autres Œnothéracées (⁵) déjà examinées.

M. **Gustave Roussy** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier en collaboration avec M. Michel Mosinger, intitulé *Traité de neuro-endocrinologie. Le système neuro-endocrinien. Le complexe hypothalamo-hypophysaire. La neuro-ergonologie et son évolution récente.*

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **René de Litardière** et **Ernest Pinoy** sont élus Correspondants pour la Section de Botanique en remplacement de MM. *René Maire* et *Henri Devaux*, élus Membres non résidants.

(⁴) R. Souèges, *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 1280; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **69**, 1922, p. 238.

(⁵) R. Souèges, *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 946; **200**, 1935, p. 1626; voir aussi A. Johansen, *Diss. Stanford Univ.*, 1927 et *Bot. Gazet.*, **90**, 1930, p. 75.

COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **Albert Caquot, Jean Cabannes** pour la Division des Sciences Mathématiques, **Pierre Jolibois, Léon Bertrand** pour la Division des Sciences Physiques, **Albert Portevin, René Barthélemy** pour la Section des Applications de la Science à l'Industrie, sont élus Membres de la Commission, qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place vacante, dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie, par le décès de M. *Léon Guillet*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Joseph de Toni. *Diagnoses algarum novarum post sylloges editionem descriptarum. I. Myxophyceæ.* Centuria I, II, III, IV, V, VI (en langue latine); Bibliographia et index (1-5).

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les p-groupes de Sylow du groupe symétrique du degré p^m. (Suite centrale ascendante et descendante.)* Note de M. **Léo Kaloujnine**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit $\mathfrak{T}_m$ le p-groupe de Sylow du groupe symétrique du degré p^m représenté en forme de tableaux comme cela a été fait dans mes Notes précédentes ([1]). La série centrale ascendante est définie par récurrence $z_0 = \mathrm{E}$ et z_ν est tel que $z_\nu/z_{\nu-1}$ soit le centre de $\mathfrak{T}_m/z_{\nu-1}$, et la série centrale descendante $\bar{z}_0 = \mathfrak{T}_m$; $\bar{z}_\nu$ est le groupe engendré par tous les commutateurs des éléments de $\mathfrak{T}_m$ avec les éléments de $\bar{z}_{\nu-1}$. Il est connu ([2]) que : α. dans chaque p-groupe $\mathfrak{T}$ la série centrale ascendante finit par le groupe $\mathfrak{T}$ lui-même et la série centrale descendante par l'unité du groupe; β. la longueur des deux séries est la même [c'est-à-dire $c = \bar{c}$, c (ou $\bar{c}$) étant le premier indice tel que z_c (ou $\bar{z}_{\bar{c}}$) soit égale à $\mathfrak{T}$ (ou E)]. c est la classe du groupe; γ. $z_\nu \geqq \bar{z}_{c-\nu}$.

Dans les groupes $\mathfrak{T}_m$ nous pouvons décrire complètement les membres de ces séries et nous trouvons (entre autres) les faits suivants : 1° la série ascendante coïncide avec la série descendante. $z_\nu = \bar{z}_{c-\nu}$; 2° $c = p^{m-1}$; 3° le groupe $z_\nu/z_{\nu-1}$ est un p-groupe élémentaire [c'est-à-dire abélien et du type $(1, 1, \ldots, 1)$] du degré p^q, q étant le plus petit nombre tel que $p^{m-1} - p^{m-q} < \nu$.

Les affirmations 1°, 2°, 3° sont banales pour $m = 1$. Les raisonnements se font par

---

([1]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 222; **222**, 1946, p. 1424.

([2]) P. Hall, *Proceedings of the London Math. Soc.*, 2e série, **36**, 1932, pp. 29-95.

induction sur m. Soient $A \in \mathfrak{T}_{m-1}$, donc $A = [a(x_1, x_2, \ldots, x_{i-1})]$ $1 \leqq i \leqq m-1$, X le vecteur $x_1, x_2, \ldots, x_{m-1}$. Désignons par ${}^A X$ la transformation ${}^A x_i = x_i - a(x_1, x_2, \ldots, x_{i-1})$, où $1 \leqq i \leqq m-1$. Alors si $a(X)$ parcourt tous les polynomes à coefficients de $\mathcal{G}_p$ en $x_1, x_2, \ldots, x_{m-1}$ pris mod $(x_1^p - x_1, x_2^p - x_2, \ldots, x_{m-1}^p - x_m)$, nous aurons (et ce n'est qu'une forme plus courte à écrire, l'algorithme du calcul des tableaux)

$$[A, a(X)].[B, b(X)] = [AB, a(X) + b({}^A X)],$$
$$[A, a(X)]^{-1} = [A^{-1}, -a({}^{A^{-1}} X)],$$

$\mathfrak{T}_m$ est engendré par les éléments de la forme $N = [A, O]$ et $M = [O, a(X)]$.

Soit H un sous-groupe invariant du groupe $\mathfrak{T}_m$. Pour que $\overline{H}$ soit le sous-groupe invariant tel que $\overline{H}/H$ soit le centre de $\mathfrak{T}_m/H$, il faut et il suffit que $\overline{H}$ soit le plus grand sous-groupe tel que pour chaque $\overline{h} \in \overline{H}$ tous les commutateurs $N^{-1}\overline{h}^{-1}N\overline{h}$ et $M^{-1}\overline{h}^{-1}M\overline{h}$ soient situés dans H. Cela étant, déterminons de proche en proche, en commençant par l'unité, les membres de la série centrale ascendante. Nous emploierons à cet effet les notations suivantes : Ordonnons les p^{m-1} produits de puissances $P = \Pi x_i^{a_i}$ $i = 1, 2, \ldots, m-1$ lexicographiquement, $P > P'$ si la première des différences $a_{n-1} - a'_{n-1}, a_{n-2} - a'_{n-2}, \ldots, a_1 - a'_1$ différent de zéro est positive. Soient $P_1 = 1$, $P_2 = x_1$, $P_3 = x_1^2 \ldots P_\nu \ldots$ $(1 \leqq \nu \leqq p^{n-1})$ les produits des puissances pris dans cet ordre. ν s'appellera la *hauteur* du monome P_ν (elle le caractérise complètement) et l'on appellera *hauteur* $h[f(X)]$ d'un polynome $f(X) = \Sigma a_i P_i$, le plus grand indice i tel que $a_i \neq 0$ et le coefficient a_h sera désigné comme coefficient principal. On démontre facilement les lemmes suivants :

I. Le coefficient principal a_h est invariant envers la transformation $f(X) \to f({}^A X)$, A parcourant $\mathfrak{T}_{m-1}$, c'est-à-dire la hauteur de $f(X) - f({}^A X)$ est plus petite que celle de $f(X)$.

II. Pour chaque $f(X)$ de hauteur h, il y a un $A \in \mathfrak{T}_{m-1}$ tel que $f(X) - f({}^A X)$ soit de hauteur $h - 1$.

III. Pour un élément $A \in \mathfrak{T}_m$ dont la première coordonnée non nulle est la $(s+1)^{\text{ième}}$ (c'est-à-dire $A = [0, 0, \ldots, 0, a(x_1, x_2, \ldots, x_s) \ldots a(x_1, x_2, \ldots, x_{m-1})]$, le coefficient principal de $a(x_1, x_2, \ldots, x_{m-1})$ est invariant envers les automorphismes intérieurs de $\mathfrak{T}_m$, si et seulement si la hauteur de cette dernière coordonnée dépasse celle de l'expression $x_1^{p-1} x_2^{p-1} \ldots x_s^{p-1} x_{s+1}^{p-2} x_{s+2}^{p-1} \ldots x_{m-1}^{p-1}$.

De I et II on conclut que la hauteur de la dernière coordonnée augmente toujours d'une unité quand on passe de z_ν à $z_{\nu+1}$. Le lemme III permet de démontrer que, ou bien tous les éléments de z_ν ont leurs s premières coordonnées toutes nulles, ou bien il existe un élément de z_ν dont la dernière coordonnée dépasse en hauteur l'expression $x_1^{p-1} x_2^{p-1} \ldots x_{s-1}^{p-1} x_s^{p-2} x_{s+1}^{p-1} \ldots x_{m-1}^{p-1}$ (dont la hauteur est $p^{m-1} - p^{n-s-1}$).

Le centre z_ν peut être décrit de la manière suivante : Soit

$$p^{m-1} - p^{m-q} + 1 \leqq \nu \leqq p^{m-1} - p^{m-q-1},$$

alors z_ν est l'ensemble des éléments dont les $m-q$ premières coordonnées sont toutes nulles et dont les autres coordonnées $a(x_1, x_2, \ldots, x_{m-1-j})$ $[j=0, 1, \ldots, (q-1)]$ parcourent indépendamment les ensembles de tous les polynomes en $x_1, x_2, \ldots, x_{m-1-j}$ dont la hauteur ne dépasse pas celle d'un monome $M_{\nu,j}$, ne dépendant que de ν et j et qui est le suivant : α. la hauteur de $M_{\nu,0}$ est ν, et de l'inégalité à laquelle satisfait ν résulte que $M_{\nu,0}$ a la forme $U x^{p-1}_{m-q+1}, x^{p-1}_{m-q+2}, \ldots, x^{p-1}_{m-1}$, où U est un produit de puissance des $x_1, x_2, \ldots, x_{m-q}$; β. $M_{\nu,j} = U x^{p-1}_{m-q+1}, \ldots, x^{p-1}_{m-1-j}$.

Les affirmations 2° et 3° deviennent évidentes. L'affirmation 1° est une conséquence du lemme II et de γ., car on conclut par induction sur m que $z_{\nu+1}$ est engendré par les commutateurs des éléments de z_ν avec les éléments de $\mathfrak{T}_m$.

TOPOLOGIE. — *Sur le problème des quatre couleurs : Théorie de la combinaison.* Note (1) de M. L. **Vigneron**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit une carte tracée sur la sphère ou le plan et dont les frontières forment un réseau cubique. On sait que le problème de la coloration des régions de la carte avec quatre couleurs seulement revient identiquement à mettre en évidence que *le réseau des frontières est de classe* 3.

Considérons deux réseaux de classe 3, R_1 et R_2, dont les chemins sont colorés avec trois couleurs seulement α, β, γ, et tels que, si on les considère en faisant abstraction de la coloration, ils dérivent d'un même réseau cubique R dans lequel on a effacé un certain nombre de chemins. Autrement dit :

a. Si un nœud de R_1 est superposé à un nœud de R_2, les chemins de R_1 et de R_2 sont superposables sur une certaine longueur au voisinage de ce nœud.

b. Si un nœud de R_1 est situé sur un chemin de R_2, deux des chemins de R_1 sont superposables sur une certaine longueur au chemin de R_2 au voisinage du nœud. Même condition en inversant R_1 et R_2.

c. Aucun chemin de R_1 ne traverse brusquement un chemin de R_2. S'ils se croisent, ils sont superposés sur une certaine longueur dans la zone du croisement.

A. Définition de la combinaison. — R_1 et R_2 étant deux réseaux obéissant aux conditions ci-dessus, on appellera *combinat* le réseau R_3 obtenu en appliquant la règle suivante :

R_1.	R_2.	R_3.
Pas de chemin	Chemin couleur α	Chemin couleur α
Chemin couleur α	Pas de chemin	» » α
» » α	Chemin couleur α	Pas de chemin
» » α	» » β	Chemin couleur γ
» » α	» » γ	» » β

Le tableau se complète en permutant α, β, γ.

(1) Séance du 14 octobre 1946.

On vérifie que l'opération de combinaison conduit à un réseau R_3 cubique et de classe 3.

L'opération est commutative : on vérifie en se rapportant au tableau que si $R_1 \star R_2 = R_3$, on a aussi $R_2 \star R_1 = R_3$.

Remarque 1. — On voit sur le tableau qu'on a aussi $R_2 = R_1 \star R_3$ et $R_1 = R_2 \star R_3$. Les 3 réseaux jouent des rôles parfaitement symétriques : *chacun est le combinat des 2 autres*.

Remarque 2. — S'il est possible de colorer un même réseau de 2 façons distinctes R_1 et R'_1 avec 3 couleurs α, β, γ, il est évident que les combinats de R_1 et R'_1 avec un même réseau R_2 sont différents.

Remarque 3. — Voyons ce qui se passe quand R_1 et R_2 ont en commun un nœud O. Appelons O_1 l'indice de Heawood de ce nœud dans $R_1 (O_1 = \pm 1)$; O_2 son indice dans R_2. 1° *Si* O_1 *et* O_2 *sont de même signe* : ou bien O et aucun des chemins y aboutissant ne figurera dans le combinat, ou bien O figurera dans le combinat et aura la valeur $O_3 = O_1 = O_2$. 2° *Si* O_1 *et* O_2 *sont de signes contraires* : dans le combinat, un des chemins aboutissant en O sera effacé; O ne sera plus qu'un point quelconque d'un chemin de R_3 et aura perdu la qualité de nœud.

Remarque 4. — Si un nœud O_1 de R_1 est un point quelconque d'un chemin de R_2; dans le combinat, ce point sera suivant le cas, soit un nœud dont l'indice sera $O_3 = -O_1$, soit un point quelconque d'un chemin.

B. Combinaisons successives; associativité; commutativité. — On peut définir le combinat de 3 réseaux : $S = (A \star B) \star C$; *on peut généraliser à un nombre quelconque de réseaux*. On constate que la combinaison est une opération *associative et commutative*, comme la multiplication et l'addition en arithmétique.

Cherchons la couleur dans le combinat d'un chemin MN qui, dans les réseaux à combiner, est p fois de couleur α, q fois β, r fois γ et s fois absent. Si p est pair, les α se détruisent, si p est impair, il reste α. On opère de même pour β et γ. Finalement, il reste (à des permutations de lettres près) un des cas suivants : 1° pas de couleur; 2° α tout seul; 3° $\alpha \star \beta$ soit γ au combinat; 4° $\alpha \star \beta \star \gamma$: MN ne figure pas au combinat.

C. Relation de Chasles entre combinats. — On a l'identité suivante, analogue formellement à la relation de Chasles en algèbre,

$$(\overline{AP} = \overline{AB} + \overline{BC} + \ldots + \overline{NO} + \overline{OP})$$

$$\boxed{A \star P \equiv (A \star B) \star (B \star C) \star \ldots \star (N \star O) \star (O \star P)}$$

Vu l'associativité et la commutativité, le 2e membre peut s'écrire en effet

$$(A \star P) \star (B \star B) \star (C \star C) \star \ldots \star (N \star N) \star (O \star O) \equiv A \star P,$$

car $(B \star B)$, $(C \star C)$ ... sont identiquement nuls.

D. Application de la méthode de combinaison. — Un réseau tricolore R_1 étant

connu, on pourra le combiner avec une foule de réseaux R_2 et obtenir une grande variété de combinats R_3. Citons trois exemples très simples :

1° Considérons un anneau de Tait dans R_1 : circuit dont les chemins ont alternativement les couleurs α et β. L'inversion de ces couleurs le long de l'anneau, sans modifier les couleurs des autres chemins du réseau, sera réalisée en combinant avec R_1 un réseau dégénéré formé d'une courbe fermée de couleur γ, courbe suivant le parcours de l'anneau de Tait considéré.

2° Considérons un anneau de Tait $\alpha\beta$ et un chemin γ dont les extrémités M et N sont toutes deux sur l'anneau de Tait. On peut effacer le chemin MN et lui seulement dans le réseau. Il suffit de combiner à R_1 un réseau dégénéré formé d'une courbe fermée de couleur γ formée du chemin MN et d'un des arcs de l'anneau limité en M et N. Cette opération *diminue de* 1 *le nombre des régions de la carte.*

3° Inversement du 2°, on peut introduire de nouveaux chemins γ s'appuyant sur un même anneau de Tait $\alpha\beta$. On augmente ainsi le nombre des régions de la carte. Malheureusement l'établissement d'un nouveau chemin MN dont les extrémités seraient sur deux anneaux de Tait distincts ne pourrait se faire aussi simplement.

GÉOMÉTRIE. — *Courbes isothermes sur une surface. Surfaces isothermiques.* Note [1] de M. **Victor Lalan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Nous établissons d'abord quelques propriétés concernant les couples de formes différentielles linéaires en général.

Soient ω^1 et ω^2 deux formes à deux variables, r et s leurs invariants simultanés définis par

$$d\omega^1 = r[\omega^1\omega^2], \qquad d\omega^2 = s[\omega^2\omega^1] = -s[\omega^1\omega^2],$$

et soit, en outre, la forme composée

$$\omega = a\omega^1 + b\omega^2, \tag{1}$$

où a et b sont des fonctions des deux variables qui figurent dans ω^1 et ω^2.

La différentielle extérieure de ω peut s'écrire

$$d\omega = [\omega\Omega] \tag{2}$$

avec

$$\Omega = \left(s - \frac{b_1}{b}\right)\omega^1 + \left(r - \frac{a_2}{a}\right)\omega^2, \tag{3}$$

où les indices inférieurs indiquent des dérivées covariantes. La relation (2) ne caractérise pas Ω; ce qui suit montrera le lien exact qui unit ω et Ω.

---

[1] Séance du 4 novembre 1946.

Appelons f une intégrale première quelconque de ω et μ le facteur intégrant correspondant, de sorte que $df = \mu\omega$. On tire de là :

$$(4) \qquad f_1 = a\mu, \qquad f_2 = b\mu;$$
$$(5) \qquad f_{12} - rf_1 = a\mu_2 + a_2\mu - ar\mu,$$
$$(6) \qquad f_{21} - sf_2 = b\mu_1 + b_1\mu - bs\mu.$$

Les premiers membres de (5) et (6) sont égaux entre eux et, en introduisant le second paramètre de Beltrami relatif à la forme quadratique $4\omega^1\omega^2$, peuvent s'écrire l'un et l'autre $\Delta_2 f$. Une combinaison des équations (5) et (6) donne

$$(7) \qquad \Delta_2 f\left(\frac{\omega^1}{b} + \frac{\omega^2}{a}\right) = d\mu - \mu\Omega,$$

ce qui, en tenant compte de (4) pour éliminer a et b, remplaçant $f_1 f_2$ par le premier paramètre différentiel $\Delta_1 f$, et résolvant par rapport à Ω, donne

$$(8) \qquad \Omega = \frac{d\mu}{\mu} - \frac{\Delta_2 f}{\Delta_1 f}\,df.$$

Cette formule reste vraie si l'on se réfère, non plus à la forme $4\omega^1\omega^2$, mais à $2F\omega^1\omega^2$, où F est quelconque. On peut aussi introduire u et v, intégrales premières quelconques de ω^1 et ω^2, et (8) devient

$$(8') \qquad \Omega = \frac{d\mu}{\mu} - \frac{f_{uv}}{f_u f_v}\,df.$$

2. Si l'on fait l'hypothèse que Ω est une différentielle exacte, $d\lambda$, on obtient les conséquences suivantes :

a. l'intégrale générale de $\omega = 0$ peut s'écrire $U + V = \text{const.}$;

b. e^λ est un facteur intégrant pour ω : $e^\lambda\omega = d\rho$;

c. $\omega = 0$ s'intègre par quadratures;

d. ρ est de la forme $U + V$.

La proposition a se déduit de (8'); dans l'hypothèse, le rapport $f_{uv}/f_u f_v$ ne dépend que de f, donc il existe une fonction $F(f)$ qui est de la forme $U + V$. On vérifie immédiatement $d(e^\lambda\omega) = 0$, ce qui est b; une première quadrature donne λ, une seconde ρ, ce qui est c. Enfin d se démontre en partant de $\rho_1 = ae^\lambda$, $\rho_2 = be^\lambda$, d'où $\rho_{12} - r\rho_1 = 0$, ou $\rho_{uv} = 0$.

3. Ce qui précède prend une signification géométrique intéressante si ω^1 et ω^2 sont des diviseurs du ds^2 d'une surface. Les intégrales premières u, v sont alors des coordonnées symétriques de Darboux, et les courbes $U + V = \text{const.}$ sont les courbes isothermes. Le n° 2 donne donc : *pour que les courbes $a\omega^1 + b\omega^2 = 0$ soient isothermes, il faut et il suffit que Ω soit différentielle exacte* et, comme corollaire, un théorème de Lie : l'équation d'une famille de courbes isothermes s'intègre par quadratures.

4. Prenons plus précisément pour ω^1 et ω^2 les pseudo-arcs des lignes minima

de la surface, et désignons par θ l'angle de la courbe avec la première direction principale. L'équation $a\omega^1 + b\omega^2 = 0$ équivaut à

$$e^{-2i\theta} = -\frac{b}{a}. \tag{9}$$

Par ailleurs, Ω s'écrit $s\omega^1 + r\omega^2 - (\log b)_u\, du - (\log a)_v\, dv$, d'où

$$d\Omega = d(s\omega^1 + r\omega^2) + \left(\log \frac{b}{a}\right)_{uv} [du\, dv] = d(s\omega^1 + r\omega^2) - 2i\theta_{uv}[du\, dv], \tag{10}$$

et cette formule donne comme conséquences :

a. Pour qu'une surface soit isothermique, il faut et il suffit que $s\omega^1 + r\omega^2$ soit une différentielle exacte : ce qui est équivalent à la condition classique. Elle exprime que les formes minima ω^1 et ω^2 admettent un facteur intégrant commun, qui est $e^{\int s\omega^1 + r\omega^2}$.

b. Sur une surface isothermique, les courbes isothermes sont celles qui coupent les lignes de courbure sous un angle θ isométrique, c'est-à-dire vérifiant $\theta_{uv} = 0$: ceci généralise une proposition connue pour le plan.

c. Sur une telle surface, si deux familles de courbes (c) et $(\bar{c})$ se coupent sous un angle φ isométrique, et si l'une des familles est isotherme, l'autre l'est aussi, d'après $\bar{\theta} - \theta = \varphi$.

MÉTRIQUE. — *Prolongement d'une mesure vectorielle jordanienne en une mesure lebesguienne.* Note de M. **Christian Pauc**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Préliminaires. — Nous reprenons les notations du dernier alinéa de la Note précédente [1].

Théorème. — $K_1, K_2, \ldots, K_p, \ldots$ *représentant une suite d'éléments de* K *convergeant au sens borélien vers un élément* K [2], *la suite* $\mathbf{m}(K_1), \mathbf{m}(K_2), \ldots, \mathbf{m}(K_p), \ldots$ *converge faiblement vers* $\mathbf{m}(K)$. *Elle converge fortement si la suite des* K_p *est monotone ou bien, cette suite convergente de* K_p *étant par ailleurs quelconque, si* $\mathbf{m}$ *est de variation totale bornée.*

Définition. — Nous appelons *élément stationnaire pour la mesure* $\mathbf{m}$ un élément de K sur lequel la variation de $\mathbf{m}$ est nulle. La mesure $\mathbf{m}$ est dite *complète* si les éléments stationnaires constituent un idéal dans K.

2. Soit $\mathfrak{g}$ une fonction définie sur un corps restreint [semi-corps de Nikodym [3]] W de K, additive au sens restreint et prenant ses valeurs dans l'espace vectoriel normé **V** (mesure vectorielle jordanienne).

---

[1] *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 606.

[2] C'est-à-dire que $\bigcap_{p} \bigcup_{q \geq p} K_q = \bigcup_{p} \bigcap_{q \geq p} K_q = K$.

[3] *Mém. Ac. Roy. Belg.*, **17**, 1938, p. 9.

Une condition *nécessaire* pour que g admette un prolongement additif défini sur un corps de K (mesure vectorielle) est que :

1° g soit *conditionnellement additive* sur W, c'est-à-dire que, $w_1, w_2, \ldots, w_i, \ldots$ étant une suite d'éléments de W disjoints deux à deux et dont la réunion est un ensemble w de W,

$$\mathbf{g}(w) = \mathbf{g}(w_1) + \mathbf{g}(w_2) + \ldots + \mathbf{g}(w_i) + \ldots;$$

2° g soit *bornée* sur W, c'est-à-dire qu'il existe un nombre fini α tel que

$$|\mathbf{g}(w)| \leq \alpha \quad \text{pour tout } w \text{ dans W}.$$

Théorème de prolongement. — *Les conditions* 1° *et* 2° *sont suffisantes pour que le prolongement soit possible lorsque* **V** *est faiblement complet* ([4]).

Ce théorème généralise les théorèmes de prolongement de M. Nikodym ([5]) qui se rapportent au cas où g est de *variation totale bornée*.

3. *Procédés de prolongement.* — Nous en utilisons deux :

3.1. *Algorithme borélien.* — Soit ϖ une fonctionnelle linéaire quelconque définie sur **V** supposé faiblement complet. En posant $\varpi\mathbf{g}(w) = \gamma(w)$ pour tout w de W, nous obtenons une mesure jordanienne numérique γ définie sur W, bornée et conditionnellement additive, donc prolongeable en une vraie mesure. Si $w_1, w_2, \ldots, w_p, \ldots$ est une suite quelconque d'éléments de W convergeant vers un élément L de K (ensemble W_λ), la suite $\gamma(w_1), \gamma(w_2), \ldots, \gamma(w_p), \ldots$ est convergente. Par conséquent, la suite $\mathbf{g}(w_1), \ldots, \mathbf{g}(w_p), \ldots$ est faiblement convergente. Il existe un élément **l** vers lequel elle converge. Nous posons $\mathbf{g}_1(\mathrm{L}) = \mathbf{l}$. Nous prolongeons ainsi $\mathbf{g} = \mathbf{g}_0$ en $\mathbf{g}_1$ défini sur la famille W_λ des éléments w_λ qui est encore un corps restreint. Nous prouvons que $\mathbf{g}_1$ satisfait aux conditions 1° et 2°. Nous pouvons, par conséquent, itérer ce processus et définir $\mathbf{g}_2$ sur $W_{\lambda\lambda}$, $\mathbf{g}_3$ sur $W_{\lambda\lambda\lambda}$, ..., et ainsi de suite transfiniment. A partir d'un nombre ordinal $< \varpi_1$, le processus devient stationnaire. Nous obtenons une mesure $\mathbf{g}_B$ définie sur le plus petit corps B incluant **W** (corps borélien sur W). Le principe de ce procédé de prolongement est le suivant : Parallèlement aux passages à la limite dans K à partir des suites convergentes de W par lesquels est engendré le corps B, nous effectuons le passage à la limite (convergence faible) pour la fonction vectorielle dans **V**.

3.2. *Algorithme lebesguien.* — Soit S un élément quelconque de W_σ, donc représentable sous la forme $\bigcup w_i$, les w_i étant disjoints deux à deux. La série $\mathbf{g}(w_1) + \ldots + \mathbf{g}(w_i) + \ldots$ est telle que ses sommes finies partielles soient uniformément bornées; **V** étant faiblement complet, cette série est addible

---

([4]) Notion introduite par W. Orlicz, *Studia Mathematica*, **1**, 1929, p. 244.

([5]) Article cité en ([2]), pp. 30-31 et *Ann. Soc. Pol. Math.*, **18**, 1939, p. 21.

(selon de Possel). Nous attribuons à S le vecteur somme qui est indépendant de la disjonction dénombrable $S = \bigcup_i w_i$ envisagée. Nous prolongeons ainsi g en g* sur les éléments w_σ et par passage au complémentaire sur les w_δ. Nous posons $\nu(S) =$ borne supérieure des nombres $\|g(w)\|$ pour les w de W vérifiant $W \subset S$. Nous disons qu'un élément k de K est mesurable L s'il existe une suite non croissante $S_1, S_2, \ldots, S_p, \ldots$ extraite de W_σ et une suite non décroissante $D_1, D_2, \ldots, D_p, \ldots$ extraite de W_δ qui convergent vers k et telles que $\lim \nu(S_i - D_i) = 0$. La famille de ces éléments k forme un corps L. En posant $g_L(k) = \lim g(S_i) = \lim g(D_i)$ nous obtenons un prolongement additif de g. Cette mesure g_L est la mesure complète d'extension minimale prolongeant g.

Le processus classique de complétion d'une mesure numérique positive (°) permet de passer de g_B à g_L, si l'on fait jouer aux ensembles stationnaires le rôle d'ensembles de mesure nulle.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions d'une variable réelle qui admettent des dérivées de tous les ordres.* Note (1) de M. **Jacques Soula**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit une fonction $f(x)$ qui admet des dérivées de tous les ordres sur le segment $a \leqq x \leqq b$; soit $M_n(\alpha, \beta)$ le maximum du module de $|f^{(n)}(x)|$ sur le segment (α, β), $(a \leqq \alpha < \beta \leqq b)$; on sait qu'il existe des relations entre la croissance de $M_n(\alpha, \beta)$ avec n et la distribution des zéros des dérivées sur le segment. Tout d'abord, si $f(x)$ appartient à une classe quasi-analytique et n'est pas un polynome, il n'est pas possible qu'un point c de l'intervalle soit un zéro pour chacune des dérivées à partir de l'une d'elles. M. Gontcharoff a démontré (2) qu'il n'est pas possible qu'il existe une suite de points de l'intervalle (a, b) telle que

$$\lim x_n = c, \qquad a < c < b, \qquad f^{n}(x_n) = 0, \qquad n \geqq 1, \qquad \sum |x_n - x_{n-1}| \text{ converge}$$

si $f(x)$ est analytique au point c et n'est pas constante. Ce résultat subsiste même si $f(x)$ n'est pas analytique pourvu que la limite inférieure de $\sqrt[n]{M_n(a, b)/n!}$ soit finie; il subsiste encore quand $f(x)$ appartient à une classe quasi-analytique et quand il existe certaines relations entre la croissance de $\sqrt[n]{M_n(a, b)}$ et la rapidité de la convergence des x_n vers leur limite (3) (4).

On peut résumer ces théorèmes d'une manière imprécise en disant que, si

(°) Cf. Haupt Aumann, *Differential und Integralrechnung*, Berlin, 1938, 3, pp. 20-23.

(1) Séance du 28 octobre 1946.

(2) *Thèse*, Paris, 1930, p. 13.

(3) Gontcharoff, *ibid.*, p. 47.

(4) Soula, *Bull. de la Soc. math. de France*, 54, 1936, p. 57 et 55, 1937, p. 64.

la densité des zéros x_n des $f^{(n)}(x)$ est grande au voisinage d'un point, la croissance des dérivées est rapide au voisinage de ce point. Je voudrais donner d'autres énoncés qui sont, en quelque sorte, inverses des précédents et qui montrent que, si les zéros des $f^{(n)}(x)$ sont suffisamment éloignés d'un point de l'intervalle, la croissance des dérivées est limitée au voisinage de ce point.

A. Soit un point c de l'intervalle (a, b) tel qu'il n'existe aucune suite de zéros des dérivées $x_p, x_{p+1}, \ldots, f^{(n)}(x_n) = 0\ (n \geq p)$ ayant pour limite c. Il existe alors un intervalle (α, β) $(a < \alpha < c < \beta < b)$ contenant c à son intérieur et tel que la limite inférieure de $\sqrt[n]{M_n(\alpha, \beta)/n!}$ soit finie.

B. Soit S_n le nombre des zéros de $f^{(n)}(x)$ situés à l'intérieur d'un intervalle partiel (c, d); si la limite inférieure de S_n est finie, il existe, à l'intérieur de l'intervalle (c, d), un intervalle (α, β) pour lequel la limite inférieure de $\sqrt[n]{M_n(\alpha, \beta)/n!}$ est finie.

C. Soit un point c intérieur à l'intervalle (a, b); soit y_n le zéro de $f^{(n)}(x)$ le plus rapproché de c (si $f^{(n)}(x)$ n'a pas de zéro, y_n sera celui des deux points a et b qui est le plus rapproché de c). Le produit

$$|y_{n+1} - c| \sqrt[n]{\frac{|f^{(n)}(c)|}{n!}}$$

est borné.

Ces théorèmes s'obtiennent facilement comme conséquences d'un principe dû à M. Serge Bernstein ([5]) et qui est relatif à la croissance du minimum de $|f^{(n)}(x)|$ dans un intervalle.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Étude du choix entre deux lois de probabilité.* Note de Mlle ÉDITH MOURIER, transmise par M. Émile Borel.

Soit X une variable aléatoire suivant l'une ou l'autre, on ne sait laquelle, des lois F et G dont les densités sont respectivement $f(x)$ et $g(x)$ fonctions connues, bien déterminées, que nous supposerons continues.

On procède à n épreuves indépendantes, soient $X_i (i = 1, 2, \ldots, n)$ les variables aléatoires correspondant à ces n épreuves, x_i les valeurs prises par X_i. Le problème consiste à discerner à l'aide des x_i si la loi de X est F ou G. La quantité

$$v = \frac{1}{n} \sum_i \log \frac{f(x_i)}{g(x_i)}$$

est un *résumé exhaustif* ([1]) relativement à cette question.

([5]) *Math. Annalen*, **75**, 1914, p. 453.

([1]) Définition d'un résumé exhaustif : G. DARMOIS, *XXIIIe session de l'Institut international de statistique*, Athènes, 1936.

Posons

$$\log\frac{f(X_i)}{g(X_i)} = Z_i, \qquad V = \frac{1}{n}\sum_i \log\frac{f(X_i)}{g(X_i)} = \frac{1}{n}\sum_i Z_i,$$

V, somme de variables aléatoires indépendantes de même loi, est gaussienne à la limite. On a convergence presque sûre de V vers $\bar{Z}$ ($\bar{Z}$ désignant la valeur moyenne de Z). Un test de discernement ne peut être que du type suivant : à chaque valeur possible v de V on fait correspondre une réponse $R(v)$ qui est F pour certaines valeurs v, G pour les autres. Il y a *échec* lorsque la réponse ne correspond pas à la réalité. Choisir le *meilleur test*, c'est choisir la fonction $R(v)$ qui donne la plus faible probabilité d'échec.

Posons

$$m_1 = \int\left[\log\frac{f(x)}{g(x)}\right]f(x)\,dx, \qquad \sigma_1^2 = \int\left[\log\frac{f(x)}{g(x)}\right]^2 f(x)\,dx;$$
$$m_2 = \int\left[\log\frac{f(x)}{g(x)}\right]g(x)\,dx, \qquad \sigma_2^2 = \int\left[\log\frac{f(x)}{g(x)}\right]^2 g(x)\,dx.$$

On vérifie que l'on a toujours $m_1 \geqq 0$, $m_2 \leqq 0$, $m_1 = m_2$ si et seulement si $f(x) \equiv g(x)$.

Soit λ et soit μ la probabilité *a priori* que F soit vraie et que G soit vraie $\lambda + \mu = 1$, soient e_1 l'ensemble des valeurs de v pour lesquelles $R(v) = F$, e_2 son complémentaire où $R(v) = G$.

On démontre que la probabilité asymptotique d'échec à priori P_n est minimum si e_1 est l'intervalle $(a, +\infty)$, e_2 l'intervalle $(-\infty, a)$ avec $(m_1 - a)/\sigma_1 = (a - m_2)/\sigma_2$. Soit ρ la valeur de ces rapports,

$$\rho = \frac{(m_1 - m_2)}{(\sigma_1 + \sigma_2)}.$$

On a alors

$$P_n = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{\rho\sqrt{n}}^{+\infty} e^{-\frac{y^2}{2}}\,dy = \Phi(\rho\sqrt{n}),$$

asymptotiquement

$$\Phi(\rho\sqrt{n}) \sim \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\,\frac{e^{-\frac{n\rho^2}{2}}}{\rho\sqrt{n}}.$$

Remarquons que ces résultats sont *indépendants* des probabilités à priori λ et μ; l'ordre de grandeur asymptotique de P_n est caractérisé par la constante ρ. Plus ρ est petit, plus P_n est grand pour une même valeur de n. La distinction entre F et G est d'autant plus difficile que ρ est plus petit.

L'étude de la probabilité d'échec à posteriori $P_n^*(v)$ conduit à choisir le même test si l'on opère symétriquement par rapport à F et G, c'est-à-dire $\lambda = \mu = 1/2$.

Application. — *Définition de la distance statistique* de deux lois de probabilité. — Que signifient des expressions telles que « deux Lois F et G sont peu

différentes » ou « sont très différentes » ? On a défini la distance de deux lois par la distance au sens de l'analyse des fonctions $f(x)$ et $g(x)$ ou par la distance des courbes des probabilités totales (Lévy-Fréchet). Ces définitions n'ont pas de signification absolue pour le statisticien. *Pour lui deux lois diffèrent plus ou moins selon qu'il est plus ou moins facile de les distinguer par des expériences avec le meilleur test.* Pour définir la difficulté de distinguer, il faut s'adresser au calcul à priori et connaître la meilleure méthode de distinguer entre F et G. Nous avons vu que cette difficulté est bien caractérisée par le nombre $\rho = (m_1 - m_2)/(\sigma_1 + \sigma_2)$. Nous appellerons ρ la *distance statistique* (F, G) des lois F et G. On a (F, G) = (G, F).

(F, G) est invariant par tout changement de variable sur x.

(F, G) $>$ o pour $f(x) \not\equiv g(x)$ — indéterminé si $f \equiv g$, nous poserons alors (F, G) = o; on a, d'ailleurs :

THÉORÈME. — (F, G) $\to$ o *si* $f(x) \to g(x)$ *du moins si*

$$f(x) = g(x)[1 + \varepsilon\, h(x)],$$

ε *indépendant de* x *et tendant vers zéro.* $h(x)$ *fonction fixe*

$$\int g(x)\, h(x)\, dx = 0.$$

La question de savoir si (F, G) vérifie l'inégalité triangulaire n'a pas été examinée.

Application à l'estimation d'un paramètre. — $f(x, \theta)$ loi de forme connue dépendant du paramètre θ dont la vraie valeur θ_0 est inconnue. Dans ce cas

$$\rho \sim \frac{1}{2}\sqrt{\int \left[\frac{\left(\frac{\partial f}{\partial \theta}\right)_{\theta=\theta_0}}{f(x, \theta_0)}\right]^2 f(x, \theta_0)\, dx}\;|\Delta\theta|.$$

On retrouve la *quantité d'information* introduite par Fisher.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Remarques sur la méthode approchée de Tchapliguine.* Note (¹) de M. **Caïus Jacob**, présentée par M. Henri Villat.

1. La méthode approchée de Tchapliguine (²) revient en dernière analyse, comme on sait, à remplacer la courbe adiabatique $pv^\gamma =$ const. par une droite $p = Cv + C'$. Posons $\rho = v^{-1}$, ρ étant la masse spécifique du fluide. Soient V la vitesse en un point, c la célérité locale du son, p la pression. L'écoulement fluide, en présence d'obstacles solides, est supposé subsonique, permanent et irrotationnel. Considérons deux points M_0 et M_1 où les éléments précédents prennent les valeurs $(p_0, \rho_0, V = 0, c_0)$ et (p_1, ρ_1, V_1, c_1), ρ et c étant exprimés

(¹) Séance du 21 octobre 1946.

(²) *Annales scientif. de l'Univ. de Moscou*, 1904, pp. 1-121 (Chap. V).

en fonction de V par les relations classiques

$$(1)\qquad \rho=\rho_0\left(1-\frac{\gamma-1}{2}\frac{V^2}{c_0^2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}},\qquad c^2=c_0^2-\frac{\gamma-1}{2}V^2.$$

Si l'on remplace la courbe adiabatique par la droite, on aura, au contraire,

$$(2)\qquad \rho=\frac{\tilde{\rho}_0}{\sqrt{1+AV^2}},\qquad c^2=\frac{1}{A}+V^2,\qquad \text{avec } A=-\frac{\tilde{\rho}_0^2}{C},$$

d'où il résulte (3) qu'on pourra établir une correspondance entre l'écoulement gazeux et un écoulement liquide, de masse spécifique $\tilde{\rho}_0$, avec égalité du potentiel complexe aux points homologues, parallélisme des vitesses et relation entre leurs grandeurs indépendantes des points considérés. On peut choisir cette correspondance de façon que les écoulements associés aient même vitesse en deux points homologues donnés.

On peut prendre la droite considérée tangente à la courbe adiabatique au point de vitesse nulle, soit au point de vitesse V_1, qu'on suppose être la vitesse du courant non perturbé par les obstacles. Dans le premier cas on a l'approximation proprement dite de Tchapliguine que MM. Demtchenko (4), Slioskine (5), Busemann (6) et nous-même (7) avons appliquée à divers problèmes. Dans cette approximation on remplace le fluide réel par un fluide fictif pour lequel les états en question sont remplacés par $(p_0, \rho_0, 0, c_0)$ et $(\tilde{p}_1, \tilde{\rho}_1, V_1, \tilde{c}_1)$, avec $C=-\rho_0^2c_0^2$, $A=c_0^{-2}$, $\tilde{\rho}_1=\rho_0(1+AV_1^2)^{-\frac{1}{2}}$, $\tilde{c}_1^2=c_0^2+V_1^2$ et dans (2) on fera $\tilde{\rho}_0=\rho_0$.

Si l'on prend, au contraire, la tangente au point correspondant à la vitesse V_1, comme l'ont fait MM. von Kármán (8) et Tsien (9), on remplace le fluide réel par un autre pour lequel on aura les états (10) $(\tilde{p}_0, \tilde{\rho}_0, 0, \tilde{c}_0)$ et (p_1, ρ_1, V_1, c_1), avec $C=-\rho_1^2c_1^2$, $A=\tilde{c}_0^{-2}$, $\tilde{c}_0^2=c_1^2-V_1^2$, $\tilde{\rho}_0=\rho_1[1-(V_1/c_1)^2]^{-\frac{1}{2}}$.

En troisième lieu, il est tout indiqué de prendre la corde joignant les points (p_0, ρ_0^{-1}) et (p_1, ρ_1^{-1}). Alors on aura affaire à un fluide fictif avec les états $(p_0, \rho_0, 0, \tilde{c}_0)$ et $(p_1, \rho_1, \tilde{V}_1, \tilde{c}_1)$; cette fois-ci l'on fera dans (2) $\tilde{\rho}_0=\rho_0$ et l'on

(3) C. Jacob, *Bull. Math. Société Roumaine des Sciences*, 42 (1), 1940, p. 19.

(4) *Publ. math. Univ. de Belgrade*, 2, 1933, p. 85; *Publ. scient. du Ministère de l'Air*, 144, Paris, 1939.

(5) *C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, 3, 1936, p. 419.

(6) *Zeits. angew. Math. Mech.*, 12, 1937, p. 73.

(7) *a. Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1365; *b. Portugaliae Mathematica*, 1, 1939, pp. 209-257; *c. Mathematica*, 17, 1941, pp. 1-18.

(8) *Journal of the Aeronautical Sciences*, 8, 1941, p. 337.

(9) *Ibid.*, 7, 1939, p. 399.

(10) Voir également J. Leray, *Mécanique des fluides compressibles*, p. 76 (*Cours lithographié, professé au Centre d'Études supérieures de Mécanique des Fluides*, 1946).

aura

$$(3)\quad C=\frac{p_1-p_0}{\rho_1^{-1}-\rho_0^{-1}},\qquad A=\frac{\rho_0}{\rho_1}\,\frac{\rho_0-\rho_1}{p_0-p_1},\qquad \tilde{V}_1=\sqrt{\frac{1}{A}\left[\left(1-\frac{\gamma-1}{2}\,\frac{V_1^2}{c_0^2}\right)^{-\frac{2}{\gamma-1}}-1\right]},$$

$\tilde{c}_0$ et $\tilde{c}_1$ étant donnés par la seconde relation (2) pour $V=0$ et $V=\tilde{V}_1$. Dans ce cas le fluide est animé aux grandes distances d'une vitesse $\tilde{V}_1$ peu différente de V_1 pour les mouvements lents. Enfin, on pourrait substituer à la courbe adiabatique la tangente parallèle à la corde ci-dessus considérée, mais nous n'insisterons pas ici sur les calculs détaillés.

2. Il est en général très difficile d'affirmer lequel des procédés ci-dessus donne une approximation meilleure. Considérons à titre d'exemple le cas d'un jet fluide jaillissant d'un récipient limité par deux demi-droites symétriques par rapport à un axe et faisant avec celui-ci les angles μ et $-\mu$ $(0\leqq\mu\leqq\pi)$. V_1 étant la vitesse des particules fluides sur les lignes de jet, soit $\Gamma(V_1, \mu)$ le coefficient de contraction que nous avons déterminé ailleurs d'une façon rigoureuse ([11]). Avec la méthode de Tchapliguine on obtient comme valeur approchée ([12])

$$(4)\qquad \Gamma_{\text{appr}}=\left[1+\left(\frac{1}{\Gamma_0}-1\right)\frac{\tilde{\rho}_1}{\tilde{\rho}_0}\right]^{-1},$$

où $\Gamma_0(\mu)$ est le coefficient de contraction du jet incompressible. On aura ainsi, suivant les cas traités ci-dessus, trois approximations $\Gamma_1(V_1, \mu)$, $\Gamma_2(V_1, \mu)$, $\Gamma_3(V_1, \mu)$. Si l'on se rapporte au travail déjà cité ([13]), on constate que ce sont là précisément les valeurs approchées que nous y avons données en partant de l'expression rigoureuse $\Gamma(V_1, \mu)$. On a de plus $\Gamma_1\leqq\Gamma_3\leqq\Gamma\leqq\Gamma_2$; nous avons prouvé que c'est l'approximation Γ_3, provenant du remplacement de la courbe adiabatique par sa corde qui convient le mieux. L'approximation Γ_2 résultant de la méthode de Kármán-Tsien est ici assez peu satisfaisante pour les valeurs de V_1/c_0 qui dépassent $2/3$.

3. Nous avons indiqué récemment ([14]) une extension des méthodes de Levi-Civitá et M. Henri Villat, au cas des fluides compressibles, dépassant en efficacité le procédé approché de Tchapliguine. On constate alors que seuls les termes en M^2, $(M=V_1/c_0)$, coïncident avec ceux de la méthode de Tchapliguine. Si l'on néglige les termes en M^4 on a donc une approximation équivalente, qui revient à remplacer la courbe adiabatique dans le plan (p, ρ) par sa tangente au point (p_0, ρ_0). On obtiendra de même des variantes de cette méthode simplifiée en considérant la tangente au point (p_1, ρ_1), soit la corde joignant ces deux points, soit enfin la tangente à la corde.

(11) *Bull. scientif. de l'École Polytechnique de Timisoara*, 7, 1937, p. 47.

(12) *Loc. cit.*, (7) *a*.

(13) *Loc. cit.*, (7), *a* et *b*, p. 225.

(14) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1329.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Les équations d'ondes relativistes du nucléon et le moment magnétique du proton et du neutron.* Note de M. **Bernard Kwal.**

La description du nucléon, en tant que particule capable de deux états, l'un chargé et l'autre neutre, s'effectue selon les idées de Heisenberg, en introduisant dans les équations de Schrödinger les matrices de spin isotopique, artifice qu'on peut rapprocher de celui qui fut utilisé par Pauli, avant que la théorie de Dirac ne fût établie, pour tenir compte de deux états de spin de l'électron.

Mais la théorie des forces nucléaires, qui repose sur l'emploi des équations du méson, fait sentir la nécessité d'une théorie relativiste du nucléon. Dans une telle théorie une distinction devrait s'établir entre les deux états en question, non seulement en ce qui concerne la charge, mais aussi la masse et le moment magnétique. Nous avons suggéré [1] que les deux états du nucléon pouvaient être décrits, en considérant simultanément les équations de Dirac, relatives à une particule chargée de spin 1/2 et les équations de Majorana, relatives à une particule neutre de spin 1/2 (et de moment magnétique nul). Étant donné le caractère réductible de l'ensemble ainsi envisagé, l'état proton se trouve être nettement séparé de l'état neutron, mais *en l'absence de champ extérieur* seulement.

En présence de celui-ci (ou d'un autre nucléon), il est possible d'introduire un couplage entre les deux états, qui rend irréductible la représentation du nucléon ici en cause. Par surcroît, ce couplage fait intervenir nécessairement un *moment magnétique supplémentaire*, qui apparaît d'une part dans l'état *neutron* et modifie d'autre part la valeur du moment magnétique du proton libre. Voici d'ailleurs les équations auxquelles nous sommes conduits :

$$
(1)\quad \left\{
\begin{aligned}
\left(\mathcal{D}^{\beta\alpha} + \frac{ie}{\hbar}\mathcal{A}^{\beta\alpha}\right) {}^{(1)}\Pi_\alpha &= \frac{im_1 c}{\hbar}\, {}^{(2)}\Pi^\beta - \mu_1 \mathcal{H}^\beta{}_{\beta'}(i N^{\beta'}),\\
\left(\mathcal{D}_{\alpha\beta} + \frac{ie}{\hbar}\mathcal{A}_{\alpha\beta}\right) {}^{(2)}\Pi^\beta &= \frac{im_1 c}{\hbar}\, {}^{(1)}\Pi_\alpha - \mu_1 \mathcal{H}_\alpha{}^{\alpha'} N_{\alpha'},\\
\left(\mathcal{D}^{\beta\alpha} + \frac{ie}{\hbar}\mathcal{A}^{\beta\alpha}\right) N_\alpha &= \frac{im_2 c}{\hbar}(i N^\beta) + \mu_2 \mathcal{H}^\beta{}_{\beta'}\, {}^{(2)}\Pi^{\beta'},\\
\left(\mathcal{D}_{\alpha\beta} + \frac{ie}{\hbar}\mathcal{A}_{\alpha\beta}\right) (i N^\beta) &= \frac{im_2 c}{\hbar} N_\alpha + \mu_2 \mathcal{H}_\alpha{}^{\alpha'}\, {}^{(1)}\Pi_{\alpha'},
\end{aligned}
\right.
$$

et, où, ${}^{(1)}\Pi_\alpha$ et ${}^{(2)}\Pi^\beta$ sont les deux spineurs définissant l'état chargé, N_α et N_β, deux spineurs complexes conjugués définissant l'état neutre, m_1 et m_2 la masse du proton et du neutron, tandis que $\mathcal{A}^{\beta\alpha}$ et $\mathcal{H}_\alpha{}^{\alpha'}$ représentent soit le potentiel-vecteur et le tenseur du champ électromagnétique extérieur, ($\mathcal{H}_\alpha{}^{\alpha'} = \mathcal{D}_{\alpha\beta}\mathcal{A}^{\beta\alpha'}$, $\mathcal{H}^\beta{}_{\beta'} = \mathcal{D}^{\beta\alpha}\mathcal{A}_{\alpha\beta'}$), soit les grandeurs relatives au champ mésonique (complexe,

(1) B. Kwal, *Recherches sur la Mécanique ondulatoire relativiste des corpuscules élémentaires*, Paris, 1946.

en général, donc

$$\frac{imc}{\hbar}\mathcal{H}_{\alpha}{}^{\alpha'} = \frac{imc}{\hbar}\mathcal{D}_{\alpha\beta}\mathcal{A}^{\beta\alpha}, \qquad \frac{imc}{\hbar}\mathcal{G}^{\beta}{}_{\beta'} = \mathcal{D}^{\beta\alpha}\mathcal{A}_{\alpha\beta'},$$

$$\frac{imc}{\hbar}\mathcal{A}^{\beta\alpha'} = \mathcal{D}^{\beta\alpha}\mathcal{H}_{\alpha}{}^{\alpha'}, \qquad \frac{imc}{\hbar}\mathcal{A}_{\alpha\beta'} = \mathcal{D}_{\alpha\beta}\mathcal{G}^{\beta}{}_{\beta'},$$

m étant la masse du méson).

Il est aisé, en jouant sur les constantes μ_1 et μ_2, d'obtenir les valeurs expérimentales des moments magnétiques du proton et du neutron. En prenant, par exemple, $\mu_1 = 2(e/m_1c)$ et $\mu_2 = 2(e/m_2c)$, la théorie fournit, en première approximation pour le moment magnétique du proton et du neutron, les valeurs, respectivement égales à $+3$ et à -2 petits magnétons de Bohr.

On fera un parallèle utile entre la théorie phénoménologique de l'équation du nucléon, développée ci-dessus, et les théories basées sur les études détaillées du mécanisme d'échange ([2]).

ASTROPHYSIQUE. — *Photométrie photographique de l'éclipse de Lune du 18 décembre 1945.* Note ([1]) de M. **František Link** présentée par M. Bernard Lyot.

Des conditions météorologiques assez favorables ont permis d'effectuer une série de clichés photométriques de cette éclipse. La méthode employée consiste à placer au foyer d'une chambre photographique de 23^{cm} de longueur focale (F : 3,5) un écran de densité 2 découpé dans une feuille de gélatine neutre et ayant la forme et la grandeur de la pénombre. Pendant chaque pose, l'image de la Lune fut toujours placée, par rapport à cet écran, dans la position qu'occupait la Lune par rapport à l'ombre sur le ciel. Une échelle photométrique fut imprimée sur la couche sensible simultanément et à travers le même écran jaune que l'image de la Lune. La longueur d'onde efficace de la combinaison écran jaune + pellicule panchromatique est environ de $0^{\mu},59$.

Avec les clichés pris de cette façon, on peut déterminer de proche en proche, par le procédé différentiel, les densités de l'ombre depuis la limite de la pénombre jusqu'à 20′ dans l'intérieur de l'ombre. Les densités sont déterminées en valeur absolue pourvu qu'il n'y ait pas de voile sensible, ce qui est facilement réalisable dans le jaune et plus loin vers le rouge. Au contraire, dans le bleu, le voile atmosphérique devient gênant.

Les principaux résultats acquis peuvent être résumés comme il suit :

a. Dans la pénombre, les isophotes commencent à être aplaties dans le même sens que la Terre, à partir de 6′ du bord de l'ombre géométrique sur le côté

([2]) D. Iwanenko et I. Tamm, *Nature*, **133**, 1934, p. 981; G. C. Wick, *Atti Lincei*, **21**, 1935, p. 70; H. Fröhlich, W. Heitler et N. Kemmer, *Proc. Roy. Soc.*, A, **166**, 1938, p. 154.

([1]) Séance du 28 octobre 1946.

vespéral de l'ombre et à partir de 3′ seulement sur le côté matinal. L'aplatissement croît en s'approchant du bord de l'ombre. A 3′,6 du bord vespéral on a trouvé sur trois clichés consécutifs, entre les angles de position de 220° et 250°, une variation de densité de 0,15. Sur le côté matinal, à 2′,6 du bord, entre 90° et 120°, on a trouvé sur un cliché une variation de 0,1. Une analyse ultérieure permettra de localiser l'origine de ce phénomène qui doit être cherchée dans la haute atmosphère.

b. Dans l'ombre, dans une bande périphérique large de 15′ environ, on a pu constater un aplatissement inverse des isophotes, l'ombre à une distance déterminée du centre étant plus claire à l'équateur qu'aux latitudes sud élevées. Ceci est explicable par la distribution géographique de l'ozone dont la quantité totale croît avec la latitude. Dans cette bande, les densités observées sont toujours plus grandes que les densités calculées par notre théorie ([2]). L'écart O — C, que l'on ne peut faire disparaître par le changement du coefficient de transmission de la basse atmosphère, est de 0,3 à 0,6 suivant la latitude, et il peut être expliqué en grande partie par l'absorption de l'ozone. Les densités observées sont, de plus, un peu plus faibles en 1945 qu'en 1938 ([3]).

c. Nous avons dû renoncer à représenter l'allure de la densité en fonction de la distance par une courbe unique, car la densité de la pénombre intérieure s'est montrée être aussi fonction de l'angle de position et celle de l'ombre, en plus, fonction du temps. Dans la bande étudiée de l'ombre nous avons pu constater, dans l'intervalle de temps de 10 minutes, une augmentation progressive de la densité de 0,2 à 4′,4 du bord et de 0,35 à 12′,4 du bord, tandis que les mêmes quatre clichés ne montrent, dans la pénombre, que des variations fortuites ne dépassant pas 0,1. Les variations systématiques, dans l'ombre, seraient explicables par le déplacement du terminateur de l'ombre sur la Terre et par les changements de la structure de l'atmosphère qui en résultent.

ÉLECTRICITÉ. — *Une bobine produisant un champ magnétique constant de 75000 gauss uniforme à 2 % près dans un volume d'environ* 20^{cm^3}. Note ([1]) de M. **François Gaume**, présentée par M. Aimé Cotton.

A la suite d'une étude détaillée de la question, et en tenant compte des résultats obtenus dans ce domaine par MM. Cotton, Piccard, Huguenard, Fortrat, Dejean, Deslandres, Pérot, Tsaï, Bitter, ainsi que d'essais personnels effectués dernièrement, nous avons pu entreprendre à Bellevue la réalisation d'une bobine fournissant un champ très intense dans un volume suffisant pour la commodité des expériences. La détermination théorique et expérimentale des conditions de refroidissement montre qu'il y a un sérieux désavantage à

([2]) *Bull. Astr.*, 8, 1933, p. 77.
([3]) *Zeits. f. Astrophys.*, 18, 1938, p. 207.

([1]) Séance du 28 octobre 1946.

dépasser une valeur limite de la densité de courant dans les conducteurs, de l'ordre de 70000 A/cm^2. Après avoir comparé attentivement de nombreux types d'enroulements aux divers points de vue (consommation, uniformité du champ produit, densité de courant dans les conducteurs, difficultés de construction), nous avons réalisé une bobine en deux parties coaxiales et ayant même centre de symétrie. Dans la bobine extérieure, la densité de courant est à peu près deux fois plus faible que dans la bobine centrale.

La bobine centrale est constituée par une bande de cuivre électrolytique recuit de $0^{mm},8$ d'épaisseur et 26^{mm} de largeur (section 20^{mm^2} environ), entourée d'un fil de *nylon* de $0^{mm},26$ de diamètre. Ce procédé, déjà employé par M. Tsaï, assure simultanément l'isolement des spires et le passage de l'eau entre les couches conductrices. La bande ainsi isolée est enroulée en hélice, à raison d'environ quatre tours par couche. La principale difficulté résidait dans le passage d'une couche à l'autre. Les hélices doivent être en effet alternativement droites et gauches. La question a été résolue en repliant la bande obliquement (*fig.* 1), la longueur de l'arête de pliage étant égale au périmètre du cercle

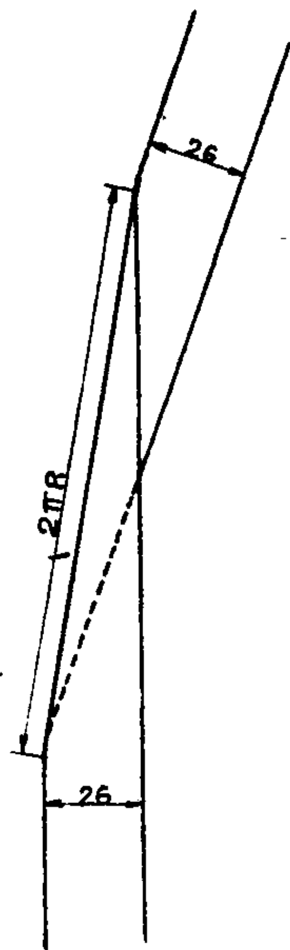


Fig. 1.

projection de l'hélice. Par ce procédé, l'enroulement obtenu comporte des extrémités planes, et les vides sont réduits au minimum nécessaire à la circulation de l'eau. La bobine intérieure comprend 18 couches. Ses dimensions sont : longueur 110^{mm}, diamètre intérieur 40^{mm}, diamètre extérieur 90^{mm}.

La bobine extérieure est constituée par 4 fils en parallèle à section carrée de $3^{mm},2$ de côté (section totale 40^{mm^2} environ), entourés d'un fil de *nylon* de 40^{mm} de diamètre. Ce procédé permet un enroulement régulier même sur les faces terminales, les quatre fils montant successivement d'une couche sur l'autre. La

bobine extérieure comporte 11 couches. Ses dimensions sont : longueur 110^{mm}, diamètre intérieur 90^{mm}, diamètre extérieur 190^{mm}.

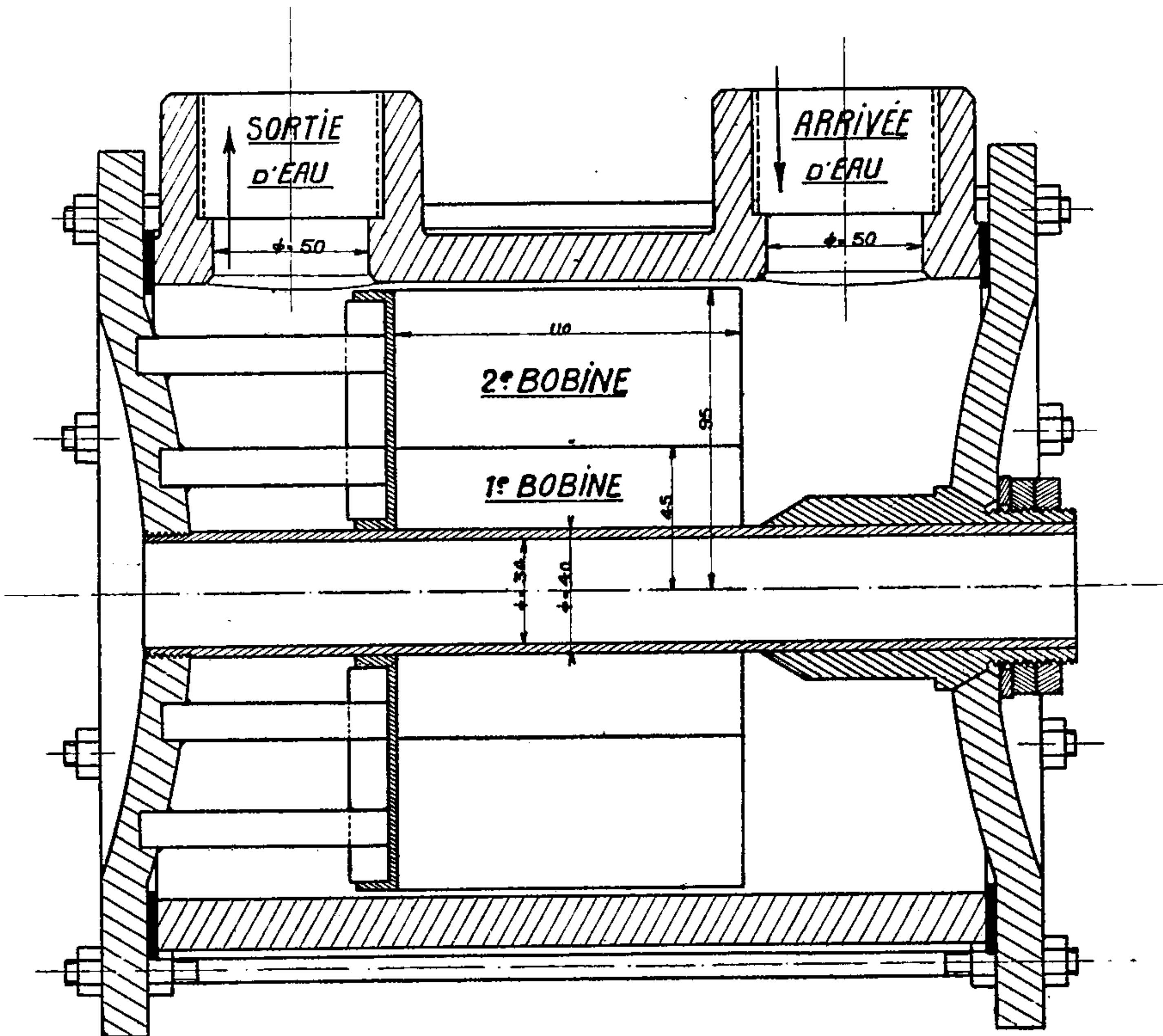


Fig. 2.

La résistance à froid de la bobine est environ 0,026 ohm. Parcourue par 7000 A sous 190 volts, elle fournit (sans fer) un champ de 70 000 gauss en son centre de symétrie O. Voici les valeurs du champ le long de l'axe, exprimées en % du champ en O, en fonction de la distance à O, exprimée en centimètres :

Distance..........	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
Champ (%).......	100	99,6	98,8	97,4	95,5	92,9	89,5	85,0	80,5
Distance..........	4,5	5	5,5	6,5	7,5	9,5	12,5	18,5	29,5
Champ (%).......	74,1	67,9	61,0	46,7	35,6	21,3	9,9	3,6	0,9

En utilisant deux petites pièces polaires cylindriques à faces terminales planes, on obtient un champ très uniforme de 75 000 gauss dans 20 cm^3 environ. On obtiendrait un champ beaucoup plus intense, mais dans un volume plus petit en se servant de pièces tronconiques. Nous espérons utiliser dans quelques mois de nouveaux groupes convertisseurs qui pourront débiter une intensité plus grande et permettront sans doute d'augmenter notablement le champ produit.

Les deux bobines branchées en série sont contenues dans une enveloppe en bronze (la figure 2 montre une vue en coupe longitudinale). L'extrémité intérieure de la bobine centrale est en contact avec le tube central en laiton et avec les plaques terminales, qui sont réunies au pôle (—) des barres d'alimentation. L'extrémité libre de la bobine extérieure est connectée à l'enveloppe en bronze, réunie au pôle (+). Les plaques terminales sont séparées du corps de l'enveloppe par deux anneaux isolants qui assurent en même temps l'étanchéité de l'ensemble. Le refroidissement est assuré par de l'eau de pluie, puisée dans une citerne par une pompe débitant environ 10 l/sec. On évite ainsi les phénomènes d'électrolyse que donnerait une eau chargée de sels dissous. L'eau circule entre les couches, dont l'épaisseur a été déterminée pour que la puissance à dissiper soit inférieure à 200 watts/cm². Six butées en laiton, dotées de cales isolantes en fibre, évitent le glissement des bobines le long de l'axe, dans le sens du courant d'eau.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la coexistence de plusieurs complexes dans les solutions aqueuses de mercure-II-thiocyanates.* Note [1] de MM. **Fernand Gallais** et **J. Mounier**, transmise par M. Aimé Cotton.

Depuis que leur existence a été reconnue en 1838 [2] les mercure-II-thiocyanates ont fait l'objet d'assez nombreux travaux portant le plus souvent sur les combinaisons cristallisées [3], plus rarement sur les anions complexes qui s'édifient en solution [4]. Bien que telle ne soit pas en général la conclusion qui en a été tirée, ces travaux laissent l'impression que deux ions complexes au moins doivent coexister dans les solutions, l'ion $[Hg(SCN)_3]^-$ et l'ion $[Hg(SCN)_4]^{--}$. Nous avons repris, dans l'espoir d'en préciser les résultats, l'étude des mercurithiocyanates dissous par la méthode des variations continues [5] en utilisant la mesure de l'effet Faraday. L'un de nous a montré en effet que cette mesure qui est fréquemment applicable, est utilisable en particulier dans ce cas [6].

Nous avons d'abord examiné des couples équimoléculaires de solutions de nitrate mercurique et de thiocyanates. Sur les figures sont groupées quelques

(1) Séance du 14 octobre 1946.

(2) C. Claus, *J. prakt. Chem.*, 15, 1838, p. 401.

(3) Cf. *Traités de* Pascal *et de* Gmelin Kraut.

(4) A. Rosenheim et R. Cohn, *Z. anorg. Chem.*, 27, 1901, p. 280; F. Jander, *Thèse*; Breslau, 1902; S. Sherril et S. Skowronsky, *J. Amér. Chem. Soc.*, 27, 1905, p. 30; H. Grossmann, *Z anorg. Chem.*, 43, 1905, p. 356; Toshi Inoue, *Jap. J. Chem.*, 3, 1928, p. 131; I. G. Spacu et F. Popper, *Bul. Soc. Stiinte Cluj*, 7, 1940, p. 400.

(5) P. Job, *Ann. de Chim.*, 10e série, 9, 1928, p. 113.

(6) F. Gallais, *J. Chim. Phys.*, 35, 1938, pp. 212 et 249,

courbes représentant la variation, en fonction de la composition des mélanges, des écarts entre les rotations magnétiques mesurées et celles que l'on peut calculer par additivité.

(Conditions d'observation : doubles rotations pour la longueur d'onde λ $0^{\mu},546$ du Hg, sous une chute de potentiel magnétique de 9.10^{4} gauss/cm.) La courbe I est relative à la

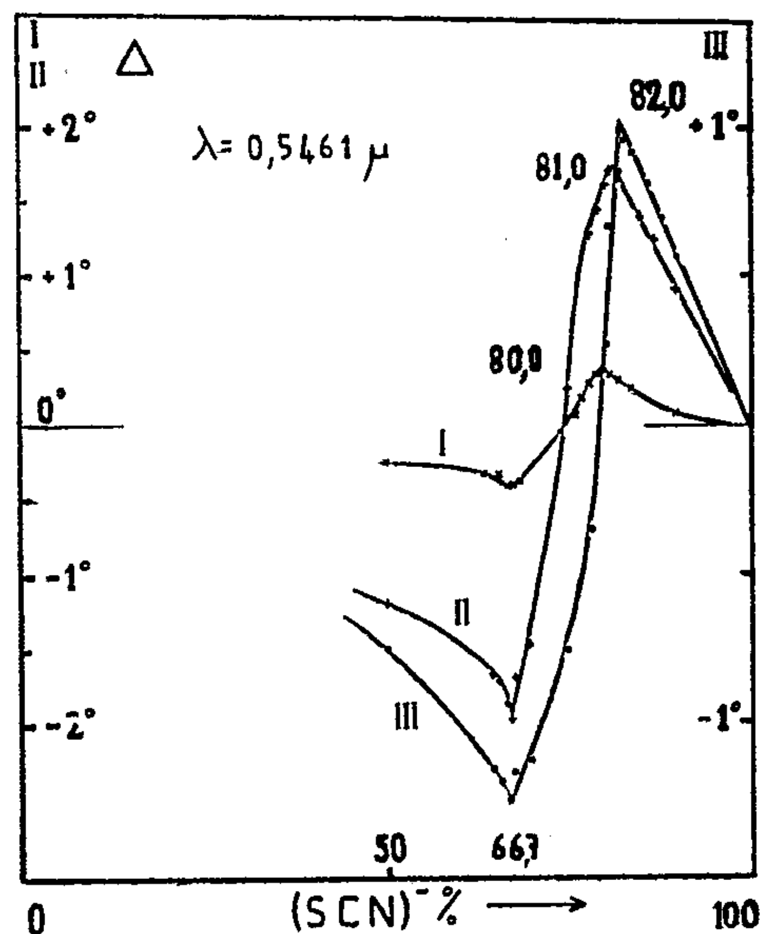


Fig. 1.

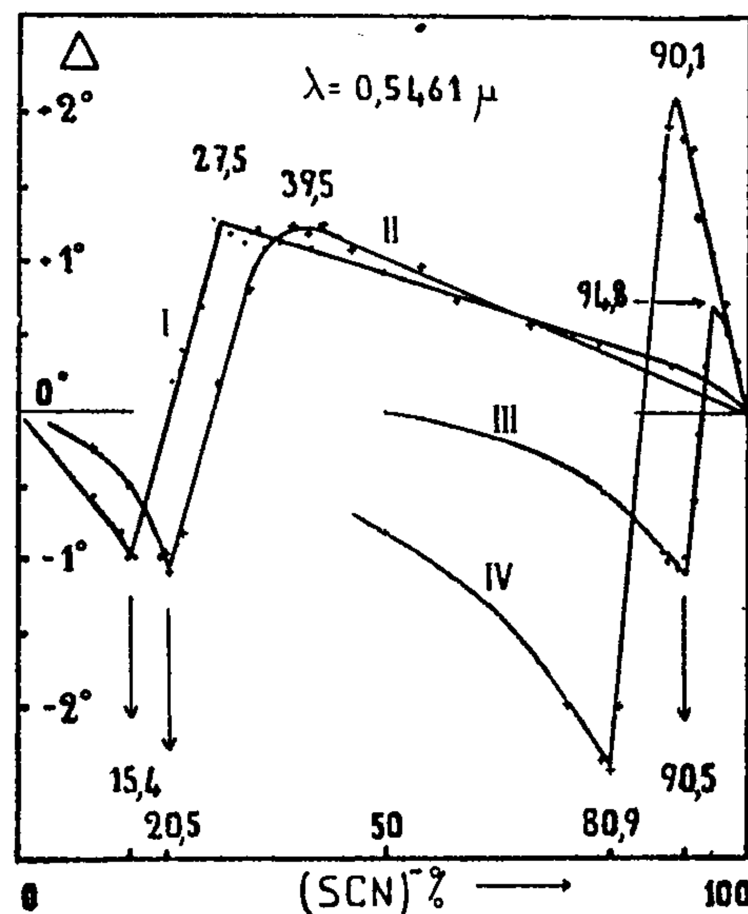
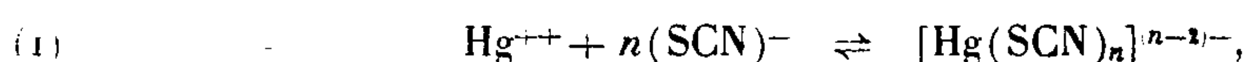


Fig. 2.

concentration commune $\Gamma = 0,100$ M(SCNK); la courbe II à la concentration 0,500 M (SCNK); la courbe III à la concentration 1,205 M (SCNK).

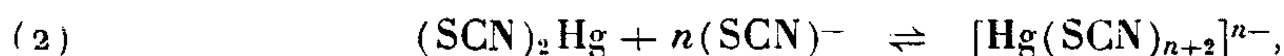
On remarque que l'abscisse x, du maximum des courbes (c'est-à-dire la composition dont la teneur complexe est maximum), se déplace, lorsque change la concentration et passe de 80,0 % à 82,0 % lorsque Γ passe de 0,100 à 1,205, en sorte qu'il est impossible d'en déduire la formule du complexe existant en solution. Cela n'est d'ailleurs pas surprenant car, par ailleurs, un minimum situé sur toutes les courbes à 66,6 % exactement traduit la formation complète dans un premier temps de thiocyanate de mercure.

Dans ces conditions, l'équilibre qui correspond réellement à la formation du complexe n'est pas celui qu'exprime la réaction (1)



$$(1) \qquad Hg^{++} + n(SCN)^- \rightleftharpoons [Hg(SCN)_n]^{(n-2)-},$$

mais celui qu'exprime la réaction (2)



$$(2) \qquad (SCN)_2Hg + n(SCN)^- \rightleftharpoons [Hg(SCN)_{n+2}]^{n-},$$

si bien que, dans les mélanges examinés, les réactifs qui prennent part à cet équilibre ne se trouvent plus en concentration équimoléculaire.

On peut calculer la constante K correspondant à l'équilibre (2) en fonction de

la concentration Γ de la solution de l'ion Hg^{++}, de celle $p\Gamma$ de la solution de l'ion $(SCN)^-$, et de la composition maximum x.

En vue de rechercher pour quelles valeurs de n, K conserve une valeur constante, nous avons examiné des couples de solutions non équimoléculaires ($p \neq 1$). A titre d'exemple, nous avons groupé sur la figure 2 quelques-unes des courbes d'écarts obtenues. La précipitation de $(SCN)_2Hg$ continue à s'y traduire par un minimum dont l'abscisse correspond exactement à la composition $SCN/Hg = 2$ et la formation du complexe par un maximum d'abscisse x. En utilisant ces dernières données, on trouve pour le calcul de la constante d'équilibre les valeurs suivantes :

	Γ.	p.	x.	$n = 1$.	$n = 2$.	$n = 3$.
I..........	0,100	11,1	27,5	$K = 1,1.10^{-2}$	$K = 2,4.10^{-6}$	$K = 5,8.10^{-6}$
II.........	0,115	7,72	39,5	$4,8.10^{-2}$	$4,1.10^{-4}$	$4,7.10^{-11}$
III........	0,974	0,205	94,8	$1,0.10^{-1}$	< 0	$4,2.10^{-4}$
IV........	1,094	0,474	90,1	1,4	$2,4.10^{-4}$	$2,6.10^{-4}$

I et III, SCNK; II, $(SCN)_2Ba$; IV, SCNNa.

Ces résultats suffisent à montrer qu'aucune valeur de n ne conduit à une série de valeurs constantes pour K, dans un domaine de concentrations étendu.

Nous pensons que ce fait ne peut s'interpréter que par la coexistence constante de mercure-II-thiocyanates de plusieurs types, dans les solutions renfermant des ions Hg^{++} et des ions $(SCN)^-$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la protection du caoutchouc contre l'oxygène par effet désactiveur.* Note [1] de MM. **Jean Le Bras** et **René Hildenbrand**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'un de nous a montré antérieurement [2] que certaines substances protègent le caoutchouc vulcanisé contre la détérioration par l'oxygène, sans ralentir pratiquement la vitesse d'oxydation. Leur mode d'action diffère donc de celui des antioxygènes et on l'a appelé effet désactiveur. Le corps pour lequel s'était manifesté ce comportement nouveau était le mercaptobenzimidazole. Nous avons cherché à mieux connaître les conditions dans lesquelles il agit, soit seul, soit associé avec un antioxygène.

1° Nous avons observé tout d'abord que le mercaptobenzimidazole, contrairement à la plupart des antioxygènes, ne protège pas contre le vieillissement les vulcanisats à base de caoutchouc et de soufre seulement, c'est-à-dire ne contenant pas les autres ingrédients que l'on a l'habitude d'incorporer aux mélanges : accélérateurs, oxyde de zinc et plastifiants notamment. Les essais systématiques entrepris en présence de ces diverses catégories d'ingrédients

---

(1) Séance du 14 octobre 1946.

(2) J. Le Bras, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 297; *Rev. Gén. Caoutc.*, **21**, 1944, p. 3.

ont mis en évidence le rôle indispensable de l'oxyde de zinc, ce qui laisse supposer la formation d'un sel de zinc par réaction avec le groupe acide mercaptan au cours de la vulcanisation. De fait, le mercaptobenzimidazolate de zinc, préparé à l'état pur et ajouté à un mélange caoutchouc-soufre, protège le vulcanisat. En outre, si l'on enlève au mercaptobenzimidazole la possibilité de réagir avec l'oxyde de zinc en remplaçant l'hydrogène du groupe SH par un radical, on constate que le pouvoir protecteur disparaît : le 2-méthyl-mercaptobenzimidazole, par exemple, ne manifeste en aucun cas d'action protectrice.

L'effet désactiveur n'est d'ailleurs pas spécifique du seul sel de zinc : les mercaptobenzimidazolates de fer et de magnésium, que nous avons préparés, se comportent de manière analogue ([3]). Il en est de même pour des produits appartenant à des familles apparentées, tels que le mercaptobenzoxazole ou l'éthylène-*bis* (N, N'-phénylthiourée) $C_2H_4(NH.CS.NH.C_6H_5)_2$.

2° D'autre part, des expériences avaient prouvé ([4]) que l'emploi combiné d'un antioxygène et d'un désactiveur permettait une amélioration importante de la protection contre l'oxygène. Nous avons constaté qu'il y a dans ce cas renforcement réciproque des deux effets, ainsi que le montrent les résultats représentés sur les figures. En premier lieu, les mesures d'oxydabilité font ressortir

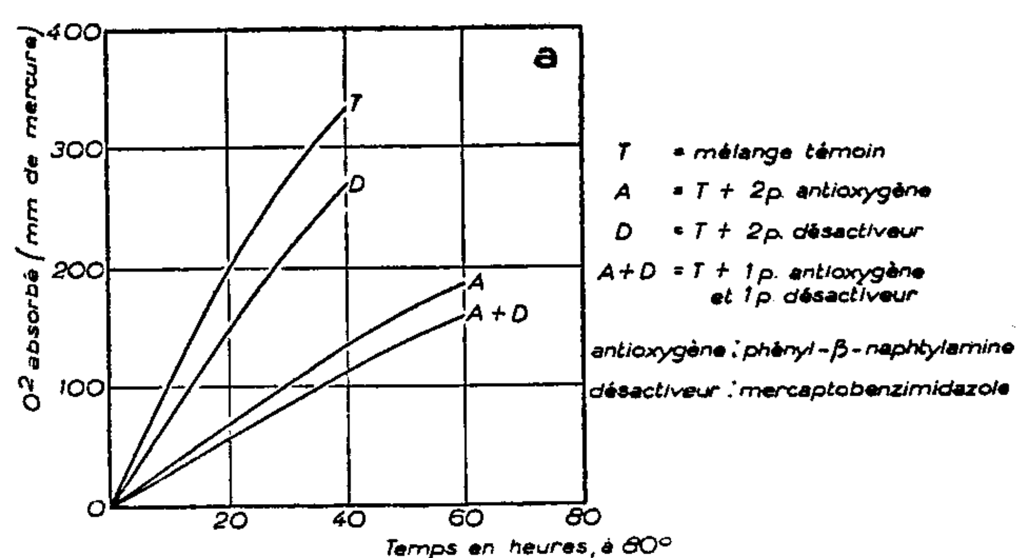


Fig. *a*.

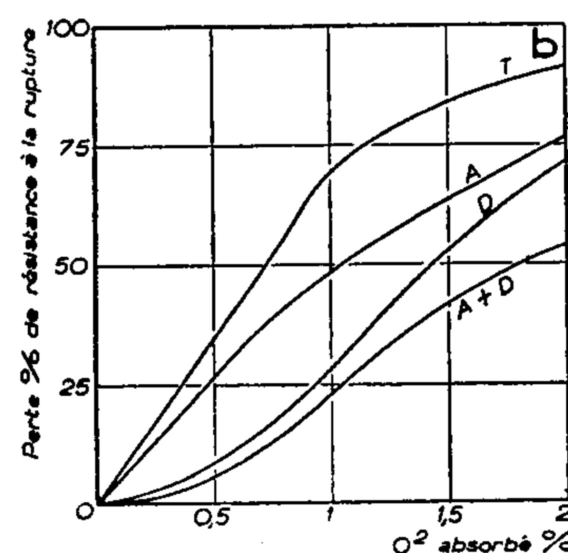


Fig. *b*.

(*fig. a*) que le mélange A + D diminue davantage la vitesse d'oxydation que ne le fait l'antioxygène seul, ce qui correspond donc à une exaltation de l'effet antioxygène. Parallèlement, on voit (*fig. b*) que le caoutchouc contenant A + D peut, pour une même détérioration (perte de résistance à la rupture), supporter une dose d'oxygène plus forte qu'en présence du désactiveur seul, ce qui indique une exaltation de l'effet désactiveur.

([3]) Il y a lieu de noter que le mercaptobenzimidazole intervient dans les conditions de vulcanisation en modifiant la vitesse d'action des accélérateurs utilisés. Ses sels métalliques, au contraire, n'exercent pas d'effet de ce genre, ce qui permet de les employer plus aisément dans la pratique.

([4]) J. LE BRAS et Mlle F. VIGER, *Rev. Gén. Caout.*, 21, 1944 p. 89.

Par ailleurs, considérant 2 antioxygènes équivalents, A et A′, nous avons observé que leur mélange A + A′ présente (à égalité de doses utilisées) un pouvoir antioxygène supérieur à celui de chacun des deux composants pris séparément; il en est de même pour le pouvoir désactiveur d'un mélange D + D′ de deux désactiveurs équivalents. Or, nous avons noté antérieurement que chaque produit protecteur présente pratiquement un complexe des deux mécanismes avec prédominance de l'un ou de l'autre. Par conséquent, les résultats des graphiques s'expliquent logiquement : l'emploi combiné des 2 catégories revient à mettre en œuvre à la fois un couple d'antioxygènes et un couple de désactiveurs.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur la production de fissures dans l'aluminium au cours de la solidification.* Note [1] de MM. **Henri Jolivet** et **M. Armand**, présentée par M. Albert Portevin.

Nous avons observé, après solidification dans l'aluminium technique contenant de faibles teneurs d'impuretés (fer et silicium), l'existence de fissures intergranulaires sans épaisseurs notables qui donnent lieu à des criques au cours de la déformation ultérieure à chaud et à froid.

Nous avons étudié les conditions de formation de ces fissures.

Elles ne se manifestent pas dans l'aluminium pur (99,99 %); dans l'aluminium technique (99,5 %), leur existence est liée à la présence de certaines impuretés, spécialement le silicium, et à la vitesse de refroidissement.

Elles sont en relation avec les phénomènes de fragilité après coulée que nous avons précédemment décrits [2].

Elles peuvent êtres dues à des efforts d'origine externe ou interne et avoir un caractère macrographique ou micrographique.

Dans ce dernier cas (*fig.* 1), décelables au microscope, elles sont habituellement tapissées des constituants eutectiques [Al_3Fe, Al_4FeSi_2 [3] ou α et β [4]] (*fig.* 2) qui laissent supposer qu'elles ont été remplies de liquide mère enrichi.

Elles sont provoquées par des phénomènes liés à la présence de gaz dans le métal liquide au cours de la solidification.

Elles ne s'observent, en effet, dans les conditions favorables à leur apparition, que lorsque le métal coulé renferme une teneur en gaz dissous décelable au cours de la solidification sous vide par l'essai dit *à la cloche* [5].

(1) Séance du 7 octobre 1946.

(2) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 946-948.

(3) Jäniche, *Aluminium Archiv.*, 5e série, 1936.

(4) Gwyer et Phillips, *J. Inst. Met.*, **38**, 1927, p. 39; Phillips et Varley, *J. Inst. Met.*, **69**, 1943, p. 317.

(5) Moreau, *Bull. Ass. techn. de Fond.*, **10**, 1936, p. 446; Sterner-Rainer, *Aluminium*, **23**, 1941, p. 477; Sergeev, Fridlyander et Khomchenovskaya, *Zavod.-Lab.* (Works'Lab), 1940, **9**, p. 644; Extrait dans *Met. Abst.*, **10**, 1943, p. 292.

Deux conditions apparaissent donc nécessaires pour entraîner leur formation :

1° fragilité après coulée liée à la présence d'impuretés telles que le silicium et à une vitesse de refroidissement suffisante.

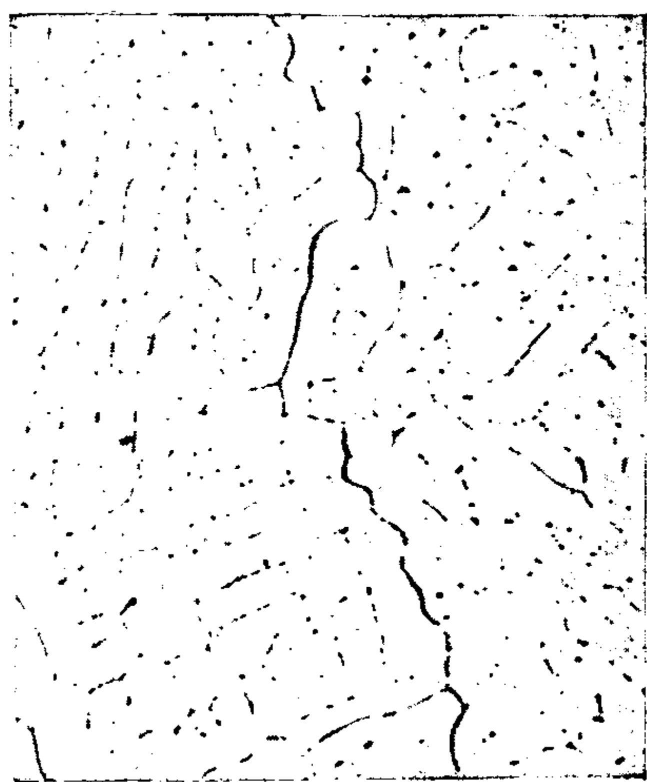


Fig. 1.



Fig. 2.

2° efforts en relation avec la présence de gaz dissous dans le métal liquide.

Cette constatation illustre le rôle que peuvent jouer les gaz dissous dans la formation de fissures au sein d'un métal fragile.

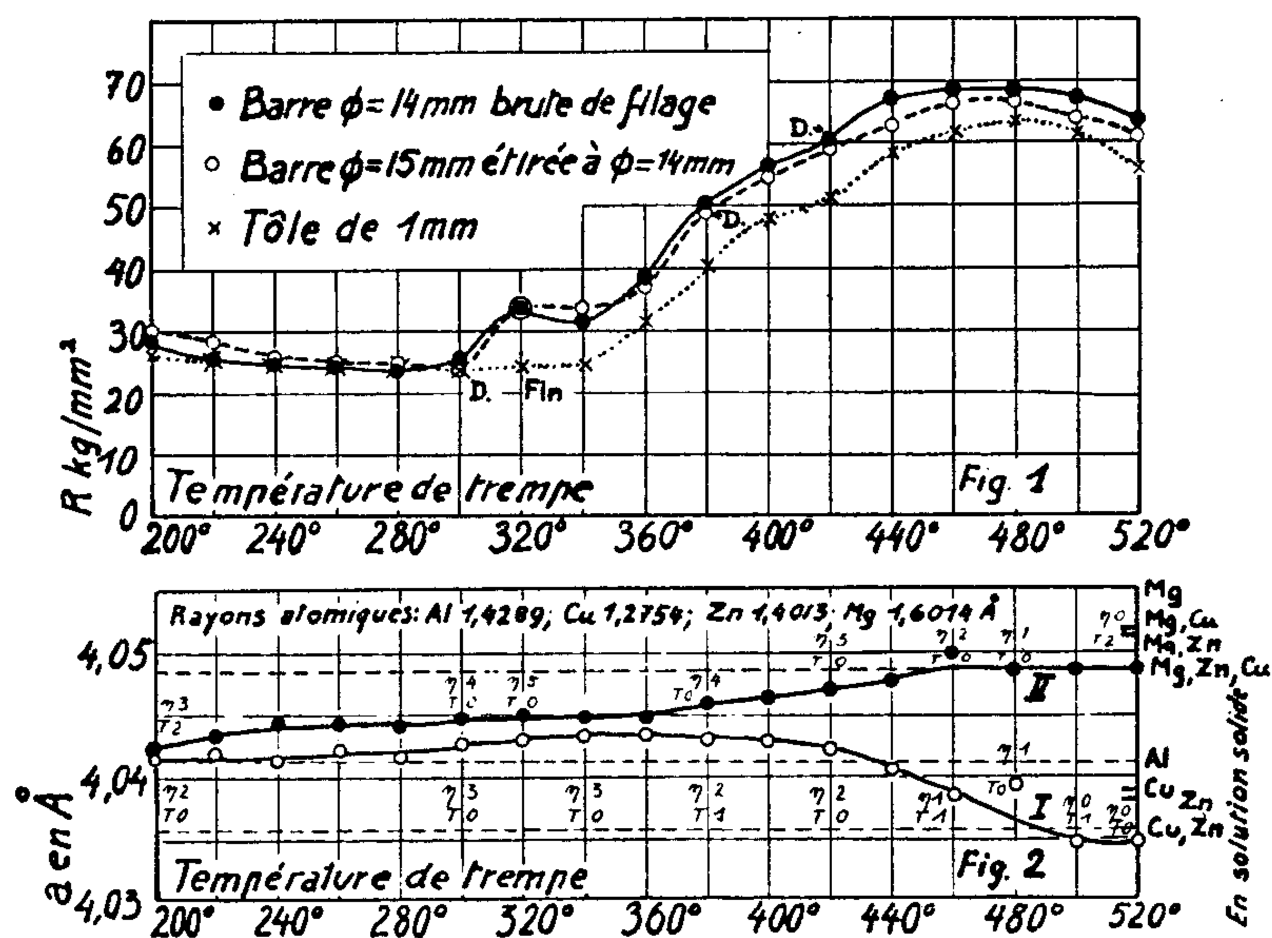
MÉTALLURGIE. — *Contribution à la connaissance des alliages* Al-Zn-Mg-Cu-Cr. Note (¹) de M. **Mladen Paić**, présentée par M. Albert Portevin.

Propriétés mécaniques en fonction de la température de trempe. — L'alliage examiné avait la composition suivante : Zn 8,5; Cu 1,5; Mg 2,5; Cr 0,25; Fe 0,07; Si 0,03 %. Il se présentait sous forme de barres et de tôles. Les barres, de 14^{mm} de diamètre, étaient de deux sortes : les unes filées, à 400°, directement à ce diamètre, à partir de billettes de 64^{mm} de diamètre; les autres étaient d'abord filées à un diamètre de 15^{mm}, puis étirées à froid à 14^{mm}. Les tôles provenaient de plaques coulées, épaisses de 50^{mm}, ébauchées, puis laminées à froid jusqu'à 1^{mm}. Le dernier recuit de 3 heures à 400° avait lieu lorsque la tôle avait une épaisseur de $2^{mm},5$. Ces échantillons (préparés par M. Yves Bresson) étaient donc caractérisés par trois états différents : barres brutes de filage, barres écrouies, tôles écrouies. A ces états se superposaient les traitements thermiques suivants : trempe après chauffe d'une heure à des températures de 200° à 520°, puis un revenu de 5 heures à 125°.

(¹) Séance du 28 octobre 1946.

Les résultats concernant la résistance à la traction sont représentés sur la figure 1. A partir de 290° la résistance des tôles est nettement plus faible que celle des barres. C'est parce qu'elles commencent à recristalliser à 300° et sont complètement recristallisées à 320°, comme le montre l'examen radiocristallographique. Par contre, les barres écrouies et brutes de filage commencent à recristalliser respectivement à 380° et 420°, sans être complètement recristallisées à 520°. A partir de 300°, l'alliage subit un durcissement structural considérable.

Sur le mécanisme du durcissement structural. — Pour contribuer à éclaircir le mécanisme du durcissement, nous avons examiné par radiocristallographie *deux séries* d'échantillons. Elles étaient obtenues en versant l'alliage liquide directement dans l'eau. Il en résultait une grenaille présentant le minimum de ségrégation. La première série d'échantillons (I) a été trempée à l'eau après chauffe de 6 heures à des températures de 200° à 520°; la seconde (II) a subi une trempe préalable, après chauffe de 6 heures à 460°, puis des trempes correspondant à la série I. La détermination précise de la dimension de la maille de ces échantillons a été faite à l'aide de diagrammes en retour, en *utilisant une*



poudre fine, trempée, d'alliage Al 93, Mg 7 % *comme étalon.* La maille de ce dernier alliage a été déterminée en prenant de l'aluminium à 99,99 % comme référence. La mise en évidence des phases se faisait à l'aide de diagrammes surexposés, obtenus dans une chambre cylindrique de diamètre 360/π. Pour faciliter le dépouillement, ces diagrammes ont été agrandis 5 fois.

En plus de la phase α (réseau de l'aluminium), il était possible de mettre en évidence dans un grand nombre d'échantillons (*fig.* 2), et sans ambiguïté, la phase η ($MgZn_2$), caractérisée par les interférences CuKα d'angles de Bragg :

9°,7, 10°,6, 11°,2, 15°,98, 20°,85, 21°,44, 23°,60. Dans certains échantillons on a trouvé deux interférences n'appartenant ni à α ni à η, aux angles 18°,8 et 21°,9, que nous avons attribuées à la phase T($Al_2Mg_3Zn_3$). Cette attribution ne peut pas être considérée comme définitive, à cause du petit nombre d'interférences visibles et de la possibilité de variation du paramètre de T. L'intensité appréciée à l'œil du diagramme de η ou de T, correspondant aux différents échantillons, est inscrite sur la figure 2, près du point qui indique la dimension de l'arête de la maille de la solution.

Une interprétation complète de la forme des courbes I et II donnant la dimension de la maille en fonction de la température de trempe n'est pas possible avec les données dont nous disposons. Nous nous contenterons donc de relever certains points saillants concernant les deux séries. Tous d'abord remarquons le comportement très différent des échantillons de la série I et de la série II à partir de 360°. Dans la première série, la maille se contracte au-dessus de cette température, indiquant l'élimination de Mg de la solution solide. Cette élimination devient complète à 500°; il ne reste alors en solution que le zinc et le cuivre. La phase T paraît jouer un certain rôle dans ce processus. Par contre dans la série II, à partir de 360°, la mise en solution de Mg est accentuée et, vers 460°, tous les constituants semblent être dissous. La phase T apparaît à 520°. On la trouve aussi à 200°, provenant vraisemblablement de la trempe préalable de l'échantillon brut de coulée à 460°.

C'est la série II qui se rapproche des conditions dans lesquelles ont été traités les échantillons qui ont servi aux essais mécaniques. Le durcissement structural va donc de pair avec une mise en solution du magnésium, du zinc et du cuivre. La diminution des caractéristiques mécaniques à partir de 480° s'explique par la fusion partielle de l'alliage, la température de son solidus étant 475°, comme l'a montré M. Chevigny.

MÉTALLURGIE. — *Formation de criques successives à chaud dans un tube en acier centrifugé*. Note [1] de M. JEAN CAILLAUD, présentée par M. Pierre Chevenard.

Dans la fabrication des tubes en acier par coulée centrifuge à l'intérieur d'une coquille métallique revêtue de sable, on constate parfois des déchirures survenues à chaud, dont les causes et la genèse sont demeurées longtemps obscures. Les recherches entreprises dans les laboratoires des Forges et Aciéries de Pamiers et de la Société Ariélor ont conduit à interpréter le mécanisme de leur formation et à prescrire des précautions, grâce auxquelles ces criques sont désormais évitées. Il me paraît donc intéressant de communiquer à l'Académie les observations faites sur l'un des tubes défectueux dont l'étude a contribué à éclairer le problème.

(1) Séance du 28 octobre 1946.

Ce tube en acier au chrome-molybdène (C 0,25 %, Cr 1 %, Mo 0,30 %) présente à la surface plusieurs fines veines en relief, en moyenne parallèles à l'axe. Sur la section polie d'une rondelle découpée normalement à l'axe du tube et à travers ces défauts (*fig.* 1 et 1 *bis*), l'attaque au réactif de Stead ne décèle pas

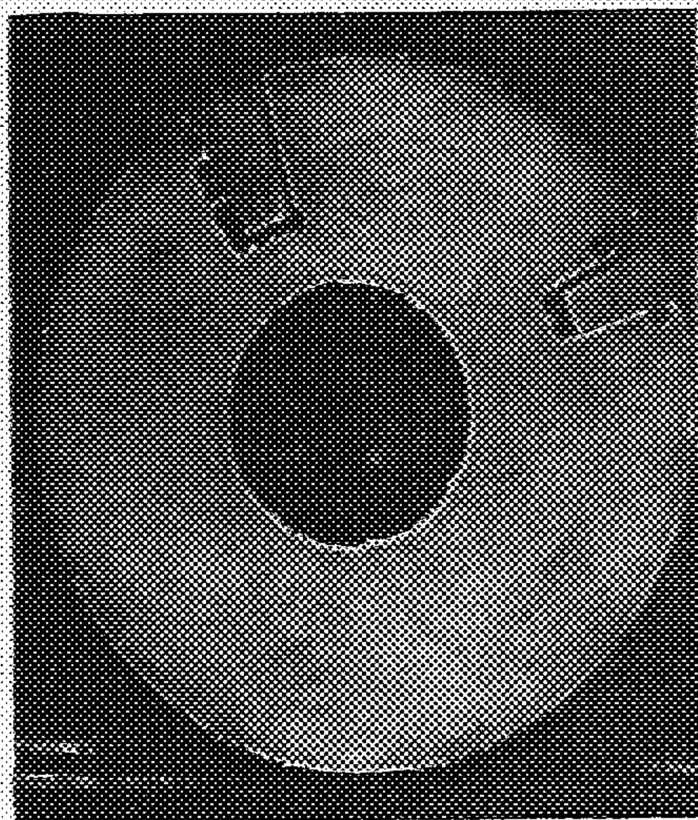


Fig. 1. — Attaque au réactif de Stead. On a pu distinguer après ce cuivrage les différentes criques soudées par apport de métal liquide.

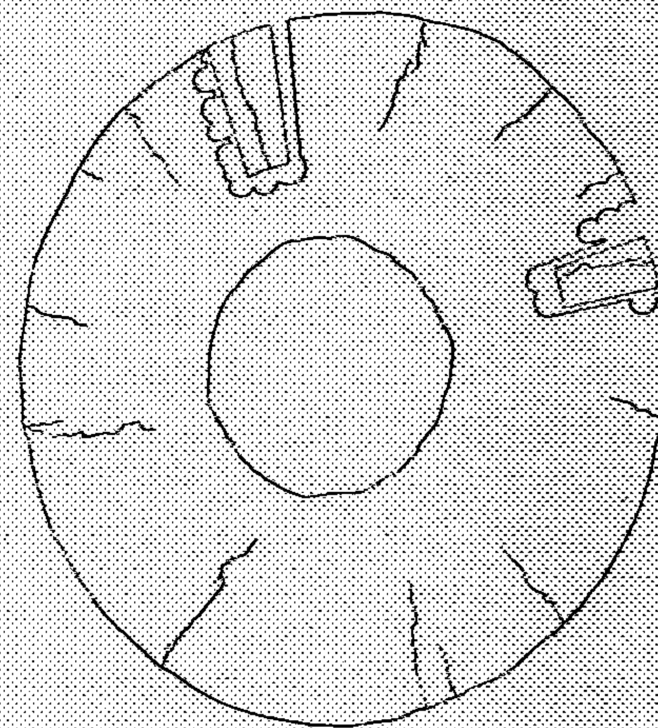


Fig. 1 *bis*. — Schéma des différentes criques révélées par la macrographie de la figure 1.

moins de 14 lignes d'inégales longueurs qui toutes débouchent à l'extérieur, mais dont aucune n'atteint le centre du tube. Sous chaque veine se trouve une de ces lignes radiales (*fig.* 2). Des mesures de dureté au moyen du scléromètre

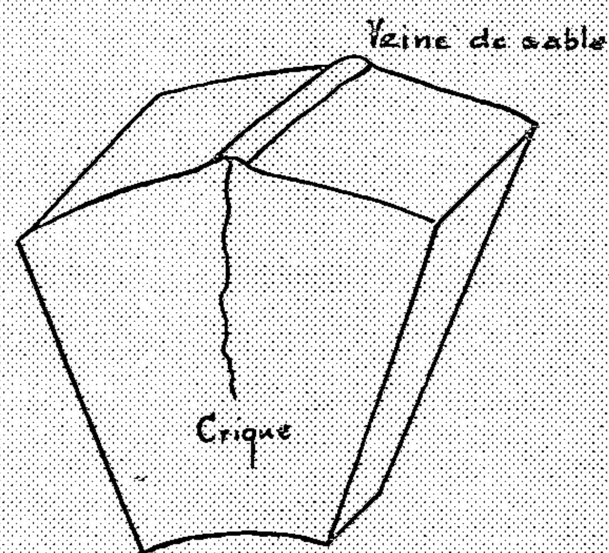


Fig. 2. — Crique soudée par apport de métal liquide et débouchant dans une veine de sable et d'acier.

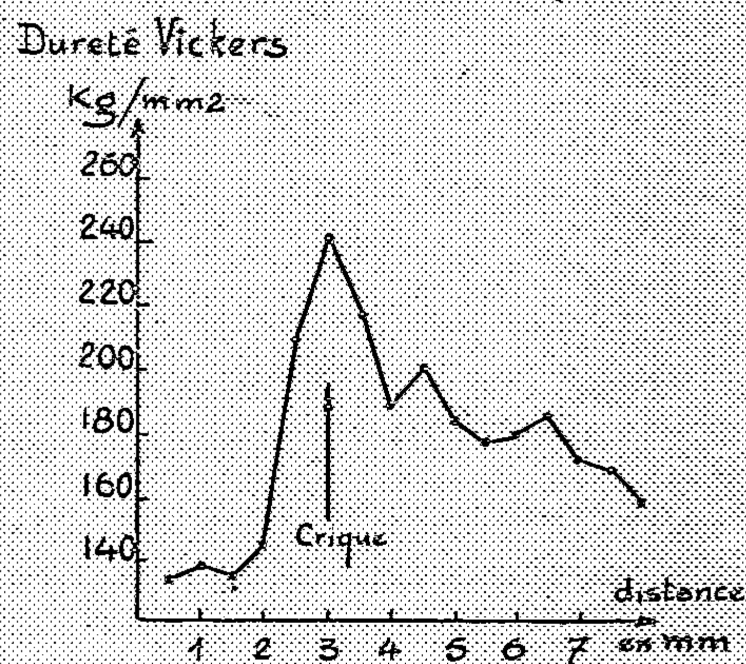


Fig. 3. — Variation de la dureté Vickers le long d'une ligne normale à une crique radiale.

Vickers montrent qu'au voisinage immédiat de chaque ligne, le métal est plus dur que l'acier moyen (*fig.* 3), donc plus riche en carbone et en éléments

ségrégés. Une ligne n'est pas autre chose qu'une crique formée à chaud, puis soudée par apport de métal liquide.

De toute évidence, ces 14 criques de longueurs inégales se sont formées successivement. Aussitôt la première formée, en effet, les tensions sont libérées et une nouvelle ne peut prendre naissance qu'après soudure de la première. Au moment de sa formation, chacune des criques débouche à l'extérieur de l'anneau solidifié et, à l'intérieur, dans l'acier encore liquide, enrichi en carbone par le jeu de la ségrégation primaire : on en connaît l'amplitude exceptionnelle dans les alliages centrifugés. Cette crique a donc pour longueur l'épaisseur de l'anneau solidifié au moment où elle se forme et les 14 criques, dont la longueur varie de quelques millimètres à quelques centimètres, correspondent, à n'en pas douter, à des étapes successives de la cristallisation.

Voici comment on peut concevoir la formation de ces criques successives. La solidification, qui progresse de l'extérieur vers l'intérieur, ne dure pas moins d'une demi-heure dans le cas d'un tube épais de 4 à 5^{cm}. Une croûte solide mince se forme d'abord au contact du revêtement de sable. Il peut arriver que le revêtement réfractaire cède peu à peu sous l'effet de la température, et surtout de la pression centrifuge et des vibrations. Le tube externe solidifié, se trouvant mal soutenu, se déchire sous le double effort du retrait et de la pression créée par le métal liquide : on trouve parfois des tubes plus gros que le mandrin autour duquel a été damé le sable, preuve du tassement subi par le revêtement. Aussitôt la première crique formée, l'acier liquide enrichi en carbone s'infiltre dans la crique et vient déboucher à l'extérieur en formant une veine. Puis la crique se soude, le tube solide s'épaissit et, si le sable continue à céder, une deuxième crique apparaît; et ainsi de suite, jusqu'à ce que le sable ne cède plus ou que l'anneau de métal solidifié soit capable de résister aux tensions.

Les prescriptions pratiques résultant de cette étude concernent donc :

Le revêtement réfractaire. — La qualité du sable, liée à ses propriétés réfractaires et sa granulométrie, joue un rôle essentiel, de même que le serrage du revêtement à l'intérieur de la coquille.

Le métal. — Les aciers coulés à haute température et pourvus d'une faible capacité de déformation à chaud sont les plus sujets aux criques; une température élevée favorise en outre la désagrégation du sable.

Les conditions de la centrifugation. — Une grande vitesse de rotation peut accroître exagérément la pression sur le tube primaire solidifié et sur le revêtement réfractaire, tandis que les vibrations favorisent la désagrégation de ce revêtement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Chlorures de calcium complexes.*

Note [1] de Mlle **Marinette Gerbault**, présentée par M. Paul Pascal.

On a signalé plusieurs acétochlorures : $(CH_3CO_2)ClCa$, $2H_2O$ [A. Benrath [2]] et $(CH_3CO_2)ClCa$, $5H_2O$ [J. V. Dulsky et E. Tesarik [3]] et aucun chlorure acide; par l'action du chlorure d'acétyle nous avons mis en évidence l'existence d'un acétochlorure de calcium anhydre, d'un chlorure de calcium acide et d'un acétochlorure de calcium basique non signalés jusqu'à présent.

Chlorure de calcium à 1^{mol} *d'acide acétique*, Cl_2Ca, $1CH_3CO_2H$. — Obtenu en faisant agir un grand excès de chlorure d'acétyle sur l'acétate de calcium à $2H_2O$, c'est un corps blanc cristallisé en aiguilles (*fig.* 1) dont la formule est



Fig. 1.



Fig. 2.

donnée à 0,8 % près. Il donne des produits d'addition avec l'alcool : Cl_2Ca, $1CH_3CO_2H$, $1C_2H_5OH$, et l'éther : Cl_2Ca, $1CH_3CO_2H$, $1/2\,C_4H_{10}O$; l'acide acétique n'a pas d'action; il est attaqué par l'acide chlorhydrique en donnant Cl_2Ca, $6H_2O$ que l'on retrouve également par action de l'eau et de l'humidité. On peut dissoudre le chlorure de calcium à $1CH_3CO_2H$ sans obtenir de précipité jusqu'à une quantité de $0^{mol},0035$ au litre dans l'éther, $0^{mol},0531$ au litre dans l'acide acétique et $1^{mol},1$ au litre dans l'eau.

Acétochlorure de calcium anhydre $(CH_3CO_2)ClCa$. — Solide granulé, blanc, obtenu par action du chlorure d'acétyle sur l'hydroxyde de calcium; l'analyse conduit à la formule avec une précision d'environ 0,6 % ; en solution dans l'eau il se transforme en l'acétochlorure de calcium à $5H_2O$ signalé par J. V. Dubsky et E. Tesarik; si l'on évapore une solution saturée dans l'eau après l'avoir additionnée d'un excès d'alcool, ou bien en exposant simplement l'acétochlorure anhydre à l'humidité, on recueille l'acétochlorure de calcium à $2H_2O$ signalé par M. Benrath. La solution saturée dans l'eau contient 0,034 molécule au litre. Dans l'alcool, l'éther et l'acide acétique il se produit des réactions d'addition : $(CH_3CO_2)Cl\,Ca$, $1C_2H_5OH$; $(CH_3CO_2Cl)Ca$ $1/2\,C_4H_{10}O$; $(CH_3CO_2Cl)Ca$, $1CH_3CO_2H$; les solutions saturées contiennent respectivement 0,066 molécule au litre dans l'alcool, 0,082 molécule au litre dans l'acide acétique. L'acétochlorure de calcium anhydre est insoluble dans l'éther; l'acide chlorhydrique le transforme en chlorure de calcium à $6H_2O$.

---

[1] Séance du 21 octobre 1946.

[2] *Bull. Soc. Chim.*, 36, 1906, II, p. 803.

[3] *Bull. Soc. Chim.*, 48, 1930, p. 1074.

Acétochlorure de calcium basique $(CH_3CO_2)ClCa, CaO$. — C'est une poudre blanche cristallisée en bâtonnets (*fig*. 2) qui résulte de l'action du chlorure d'acétyle sur l'oxyde de calcium; nous obtenons cette formule avec une précision de 0,5 %. L'acétochlorure de calcium basique est soluble dans l'eau à raison de 0,067 mol/l, dans l'alcool absolu jusqu'à 0,128 mol/l, dans l'éther jusqu'à 0,097 mol/l, dans l'acide acétique jusqu'à 0,167 mol/l. Il forme des composés d'addition avec l'alcool : $(CH_3CO_2)ClCa, CaO, 2C_2H_5OH$; avec l'éther $(CH_3CO_2)ClCa, CaO, 1C_4H_{10}O$. L'acétochlorure basique est attaqué par l'acide acétique et donne naissance à deux corps : l'acétate de calcium anhydre et l'acétochlorure de calcium à $1 CH_3CO_2H$.

La même étude a été faite avec le baryum qui donne des résultats légèrement différents.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *La teneur en thiosulfate des bouillies sulfocalciques*. Note de MM. **Guy Emschwiller**, **Jacques Granjon** et **Maurice Velan**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons exposé, dans une Note antérieure ([1]), les raisons de la présence en quantités variables de thiosulfate dans les solutions de polysulfures de calcium, dites *bouillies sulfocalciques*. Nos conclusions ayant été contestées par M. Gabriel Valensi ([2]), nous allons expliquer pourquoi nous nous croyons fondés à les maintenir.

M. Valensi attribue la disparition partielle du thiosulfate de calcium à la dissociation réversible en soufre et sulfite de calcium. En vérité nous avions nous-mêmes, au début de nos recherches ([3]), envisagé un tel mécanisme, car nous avions été frappés par une analogie apparente entre nos résultats et ceux établis par F. Russell Bichowsky ([4]) dans son étude sur la dissociation réversible du thiosulfate de calcium; c'est ainsi que la décomposition du thiosulfate, au cours de la fabrication des bouillies, se manifeste quand sa teneur est un peu supérieure à 0,5 molécule-gramme par litre, alors qu'à la même température la concentration d'équilibre est de l'ordre de 0,7 molécule-gramme par litre. Il nous a fallu renoncer à ce point de vue quand nous avons découvert que la disparition du thiosulfate était liée à la présence de la chaux en excès. Cette action de la chaux, nous l'avons examinée aussi bien sur les solutions décantées de bouillies que sur des solutions de thiosulfate de calcium. Les résultats sont comparables, que les bouillies soient chauffées avec de la chaux ou en présence des solides qui les accompagnent au cours de leur fabrication, les titres finaux en thiosulfate étant plus faibles quand les quantités de chaux mises en œuvre

([1]) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 145.
([2]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 455.
([3]) Elles ont été effectuées au cours des années 1943-1944.
([4]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 45, 1923, p. 2225.

sont plus grandes. La teneur des bouillies en polysulfures augmente en même temps que précipite le sulfite de calcium, mais l'action de la chaux sur le thiosulfate de calcium ne donne pas de soufre libre. *Puisque ce dernier constituant peut manquer sans que l'allure des phénomènes soit changée, il ne saurait être question de dissociation réversible pure et simple en sulfite de calcium et soufre.* La disparition du thiosulfate n'étant jamais totale, il faut bien cependant qu'une réaction antagoniste en produise; nous avons invoqué une réaction, signalée par A.-A. Sanfourche (5), des polysulfures sur le sulfite de calcium, mais ne l'avons pas étudiée. Deux réactions s'opposant, nous avons conclu à l'existence d'un pseudo-équilibre, car on ne pourrait parler d'équilibre véritable que s'il était prouvé que la réaction du thiosulfate sur la chaux est réversible, c'est-à-dire que l'action des polysulfures sur le sulfite de calcium régénère intégralement la chaux; encore ne s'agirait-il pas de l'équilibre de dissociation réversible du thiosulfate en sulfite et soufre.

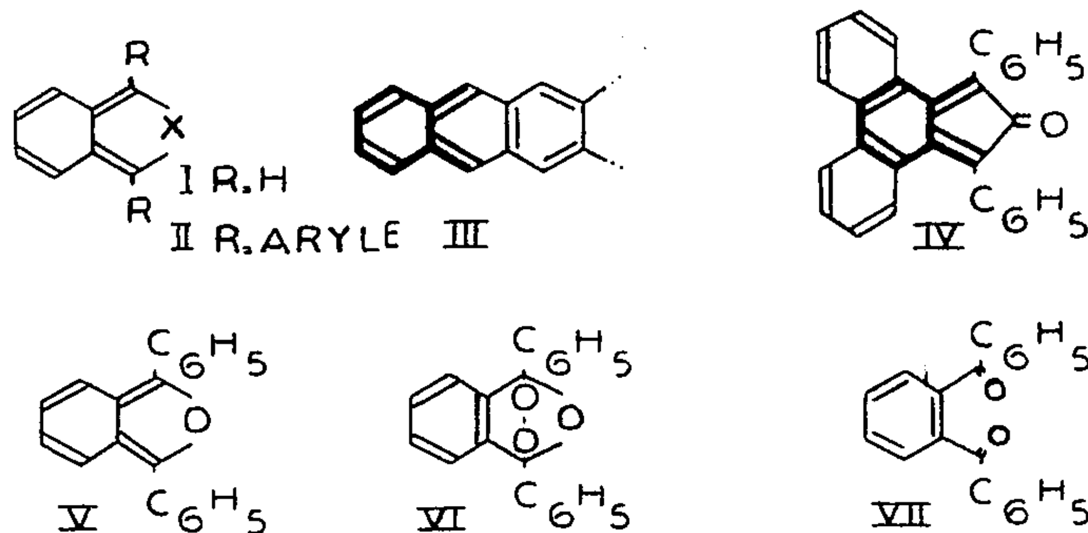
Il pourrait être intéressant de préciser les relations entre la réaction de F. Russell Bichowsky et celle que nous avons étudiée. Elles présentent en particulier ce point commun de reposer toutes deux sur les variations de solubilité du sulfite de calcium. Les observations que nous avons rapportées montrent que ces variations de solubilité sont complexes dans les solutions salines concentrées que constituent les bouillies sulfocalciques. D'après Valensi (6), la loi d'action de masse rapportée aux concentrations leur serait néanmoins applicable avec une approximation de 13 %. Or nous avons observé que la solubilité du sulfite de calcium dans des solutions de chlorure de calcium amenées au même pH, au lieu de diminuer de moitié quand la concentration moléculaire du chlorure passe de 1 à 2, ainsi que l'exigerait la loi d'action de masse rapportée aux concentrations, augmente légèrement, soit donc un écart de plus de 100 %. Quant aux calculs relatés par Valensi dans sa Note, nous ne sommes pas trop surpris qu'ils puissent être raccordés aux résultats de F. Russell Bichowsky, étant donnée, d'une part, l'analogie des ordres de grandeur des concentrations de décomposition que nous avons signalée ci-dessus, étant donné aussi que la formule de Hückel utilisée renferme une constante arbitraire, non calculable, qu'on ajuste au mieux pour représenter les expériences.

Tandis qu'il est à craindre que les calculs qui nous sont opposés ne puissent être trompeurs, le mécanisme que nous proposons s'accorde avec les faits expérimentaux que nous avons reconnus.

(5) *Bull. Soc. Chim.*, **10**, 1943, p. 473.
(6) *Bull. Soc. Chim.*, **12**, 1945, p. 642.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Photooxydation sur cycle pentagonal : photooxydiphénylisobenzofuran.* Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Serge Ecary**, présentée par M. Marcel Delépine.

a. La théorie de l'union labile de l'oxygène au carbone donnée antérieurement ([1]) a pour caractéristique une addition 1.4 sur deux liaisons éthyléniques conjuguées. Dans les exemples connus (acènes : anthracène, naphtacène, etc.), le système conjugué fait partie d'un mésonoyau, mais on imagine qu'il pourrait appartenir aussi bien à tout autre cycle, hexagonal, pentagonal, etc., ou même à une chaîne linéaire. En fait, la structure diénique hexagonale paraît être un réceptacle bien adapté à la molécule d'oxygène, comme il ressort de l'existence de peroxydes *transannulaires* hexagonaux, relativement stables, comme l'ascaridole et les similaires, ou les peroxydes, stéroïdes. Par contre l'incertitude règne sur le comportement des diènes pentacycliques.



Par ailleurs des différences considérables se manifestent entre l'oxygénation des acènes et celle des autres diènes, ainsi qu'entre les propriétés des peroxydes formés. Elles tiennent assurément à l'influence de la mésomérie qui s'exerce dans les acènes. Aussi avons-nous entrepris d'étudier l'oxygénation de dispositifs diéniques autres que ceux des mésonoyaux, mais en maintenant dans les nouvelles structures au moins l'essentiel de ce qui paraît favorable dans celle des acènes, c'est-à-dire un accolement benzénique au diène (III) (partie renforcée). C'est un dispositif orthoquinonique, on le trouve, par exemple, dans le squelette isobenzocyclopentadiénique (I), où X représente un élément quelconque, carboné ou non. Un aryle aux points d'attache de la molécule d'oxygène étant supposé propice à la réactivité ([2]), on a envisagé d'abord la formule (II).

b. Le nombre de corps décrits, appartenant à ce type est assez restreint.

([1]) Ch. Dufraisse, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **53**, 1933, p. 837.

([2]) Ch. Dufraisse et A. Etienne, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 280.

Ils comprennent : le diphénylisobenzofuran (V) ([3]), le dérivé sulfuré correspondant, ou diphénylisobenzothiofène ([4]), la phènecyclone (IV) ([5]). Les uns et les autres, comme les acènes, sont photooxydables au sens strict du terme, c'est-à-dire stables à l'air dans l'obscurité, mais les photooxydes n'ont pas été signalés jusqu'ici.

Pour le diphénylisobenzofuran (V), on avait déjà recherché le photooxyde dans des essais préliminaires ([6]), et aucun indice de sa présence n'avait été relevé. Il y avait là un point de doctrine assez important pour justifier de nouveaux essais.

Nous venons de constater que le photooxyde attendu se forme bien et sans doute avec de bons rendements, mais qu'il est extrêmement instable : à l'état cristallisé il explose brutalement à des températures qui n'atteignent pas 20°, et, en solution, il se transforme rapidement dès la température ordinaire en orthodibenzoylbenzène (VII); ceci explique que Guyot n'ait trouvé que ce terme final dans l'oxydation à la lumière du diphénylisobenzofuran.

Par analogie, nous attribuons au photooxyde la formule (VI). Pour l'obtenir il faut opérer prestement, ce qui fixe les conditions les meilleures. On expose par grand soleil, pendant 70 secondes et en agitant vivement, du diphénylisobenzofuran dans du sulfure de carbone, à raison de 2^g par litre. On évapore aussitôt sous vide, en laissant la température de la liqueur s'abaisser en dessous de 0°. Le photooxyde se dépose en beaux cristaux par amorçage spontané. La température d'explosion est aux environs de 18°; mais elle est plus élevée (jusqu'à 50°) quand l'opération à été défectueuse, parce que le peroxyde subsistant est dilué dans les produits de sa transformation. Les cristaux paraissent être stables pendant plusieurs heures à la température de la neige carbonique. La dilution retarde aussi l'altération, quoique moins que le froid; elle est cependant assez efficace pour qu'il n'y ait pas avantage à irradier les solutions diluées à —40° plutôt qu'à la température ordinaire, pourvu que ce soit pendant un temps très court.

La décomposition du photooxyde dégage peu d'un gaz formé surtout d'anhydride carbonique, avec une trace d'oxygène. Ce résultat apparente le nouveau photooxyde avec ceux de certains acènes, spécialement ceux qui sont dépourvus d'aryles sur les mésosommets, anthracène ou naphtacène. Il comporte cependant un certain imprévu, puisque l'oxygène est en excès d'un atome dans le photooxyde (VI) relativement au terme final de l'autoxydation, le dibenzoylbenzène (VII); la demi-molécule qui ne se dégage pas à l'état libre attaque le

([3]) A. GUYOT et J. CATEL, *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, 35, 1906, p. 1124. Divers dérivés de l'isobenzofuran ont été décrits par Guyot et surtout par Adams [U. S. P. 2. 325. 757 (1944)]; leur photooxydation n'a pas été étudiée.

([4]) CH. DUFRAISSE et D. DANIEL, *Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 2063.

([5]) W. DILTHEY, *J. Prak. Ch.*, **151**, 1938, p. 97.

([6]) CH. DUFRAISSE et L. ENDERLIN, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1229.

support carboné, d'où l'origine de l'anhydride carbonique. En fait la décomposition explosive donne notablement moins de la dicétone (VII) que la transformation lente dans un solvant, qui est intégrale : peut-être dans ce dernier cas l'atome d'oxygène part-il à l'état libre en s'unissant à un autre atome voisin de même origine. Ce dégagement, s'il a lieu, est trop faible pour être décelable en solution.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation et l'activation du nickel de Raney.* Note [1] de MM. **René Heilmann, Jacques-E. Dubois** et **Ladislas Beregi**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours d'essais d'hydrogénation nous avions constaté que le nickel de Raney préparé, platiné et activé par la soude, selon les directives de Delépine et Horeau [2], était supérieur au catalyseur obtenu d'après celles de Lieber et Smith [3].

Les techniques de préparation proprement dites se résument ainsi : attaque à froid de l'alliage Al-Ni par la soude, puis chauffage, soit au bain-marie durant 30-60 minutes (Delépine et Horeau), soit à 115-120° durant 7 heures avec action d'une solution fraîche de soude à la quatrième heure [Adkins et Covert [4]]. Mais les modes d'introduction du promoteur diffèrent également : action d'une solution aqueuse d'un chlorosel de platine suivie d'un lavage de Ni (Delépine et Horeau), ou action de $PtCl_6H_2$ sans lavage (Lieber et Smith).

Or, ces derniers auteurs ayant été amenés, au cours d'une étude collective sur la nitroguanidine [5], à comparer les deux modes de platinage, conclurent à la supériorité de leur méthode, celle-ci ayant été toutefois appliquée exclusivement à un catalyseur préparé selon Adkins et Covert.

Si nos résultats paraissaient être en contradiction avec ceux des savants américains, cela pouvait tenir à la valeur active des catalyseurs en fonction des traitements successifs, identiques ou non, préalablement subis par ceux-ci. A cet effet, nous avons mesuré, en présence des catalyseurs envisagés, et à des stades déterminés de leur élaboration, la vitesse d'hydrogénation de récepteurs donnés. Parmi les cétones étudiées, nous avons choisi comme corps de référence la méthyléthylcétone, qui permettait des recoupements avec les travaux précités.

Les expériences ont été exécutées : (I) sans platinage; (II) avec platinage, et les résultats figurés sur le graphique ci-après.

I. *Attaque de l'alliage* Al-Ni (à 50 % Ni), *puis activation par la soude* (*sans platinage*). A. Catalyseurs préparés selon Delépine et Horeau d'une part

(1) Séance du 14 octobre 1946.

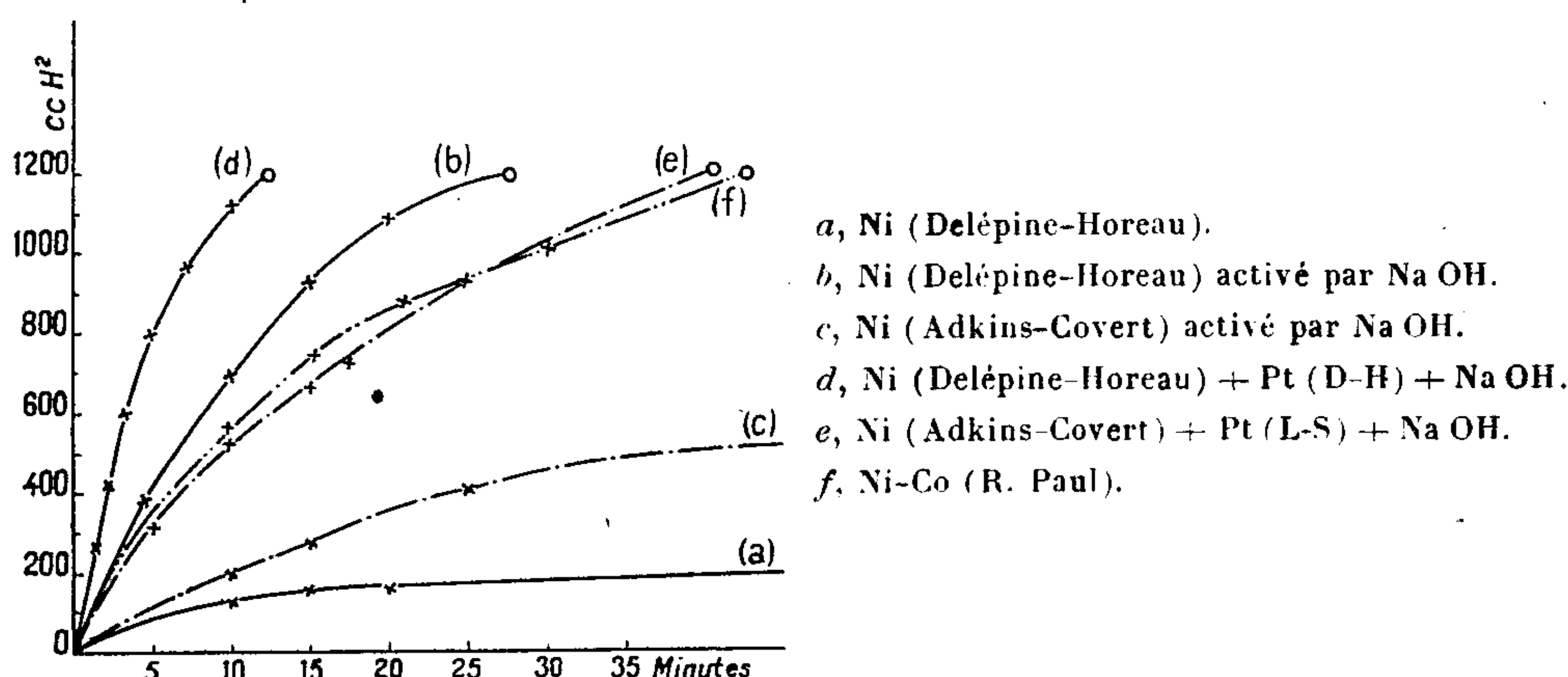
(2) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1301; **202**, 1936, p. 995; *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **4**, 1937, p. 31.

(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, **58**, 1936, p. 2170.

(4) *Ibid.*, **54**, 1932, p. 4116.

(5) J. R. Reasenberg, E. Lieber et G. B. L. Smith, *ibid.*, **61**, 1939, p. 384.

(courbe *a*), et selon Adkins et Covert (vitesse infime) d'autre part. — B. Mêmes catalyseurs activés par la soude : respectivement, courbes *b* et *c*.



Ces courbes mettent en évidence que les catalyseurs Lieber-Smith sont bien moins actifs que ceux obtenus par la méthode Delépine-Horeau qui fait appel à un *chauffage plus modéré et plus rapide*.

II. *Comparaison des méthodes de platinage.* — Nous avons préparé une certaine quantité de nickel Delépine-Horeau dont une moitié fut platinée par leur méthode (D-H) et l'autre par celle (L-S) de Lieber-Smith. Des essais identiques furent effectués avec un catalyseur Adkins-Covert. Pour ces essais comparatifs, nous avons, en outre, activé tous les catalyseurs, platinés différemment, par la soude qui s'est toujours comportée comme un promoteur, contrairement à son action dans d'autres cas : nitrobenzène et *o*-nitrophénol par exemple. Les catalyseurs employés étaient fraîchement préparés; on en utilisait 5^g pour 0^{mol}, 05 de cétone, 70^{cm^3} d'éthanol, 0^{cm^3}, 2 de NaOH, 10N. Les résultats figurent dans le tableau ci-dessous.

Préparation Ni.	Platinage.	Hydrogène absorbé (en cm³). 1 min.	2 min.	5 min.	10 min.
Delépine et Horeau	(D-H)	170	335	775	1175
	(L-S)	135	275	655	1110
Adkins et Covert	(D-H)	90	185	470	805
	(L-S)	75	145	315	510

Cette étude, tout en démontrant la supériorité du platinage Delépine Horeau, permet de conclure que l'influence du platine est fonction *des méthodes d'introduction de celui-ci et de l'activité propre du nickel Raney*. Les variations d'activité résultant de l'introduction du promoteur sont bien moins importantes que celles que nous avons vues au paragraphe I. Les courbes *d* et *e* correspondent respectivement aux procédés Delépine-Horeau complet et Lieber-Smith (Ni Adkins-Covert).

Sur un grand nombre d'autres composés à fonction carbonyle, la supériorité des catalyseurs Delépine-Horeau s'est également affirmée.

Cette conclusion reste valable si l'on compare ces catalyseurs à ceux obtenus à partir des alliages Al-Ni-Co ([6]). Un catalyseur préparé au moyen d'un tel alliage à 6,5 % Co (courbe *f*) a sensiblement la même activité qu'un nickel américain (courbe *e*).

L'opposition entre les résultats relatifs aux méthylcétones et à la nitroguanidine semblerait bien confirmer que si l'allure d'une hydrogénation dépend de l'activité du catalyseur, elle serait aussi liée à la nature du récepteur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *A propos de la destruction d'un magnésien en milieu oxydant alcalin.* Note ([1]) de M. **Maurice Métayer**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que l'action d'un halogénure d'alcoylmagnésium sur un aldéhyde aromatique, suivant la technique de Grignard, conduit à un alcool secondaire du type Ar—CHOH—R.

Pourtant il arrive, en certains cas, qu'on obtienne, à côté de l'alcool cherché, une quantité notable de la cétone correspondante, comme l'ont montré J. Marshall ([2]), puis J. Meisenheimer ([3]). Ils ont constaté que le rendement en cétone augmentait avec l'élévation de température ou l'excès d'aldéhyde.

Ayant eu l'occasion de faire un magnésien de ce type à partir d'un bromure d'éthyle légèrement coloré en brun, nous avons constaté que la proportion de cétone était notablement augmentée.

Nous avons naturellement pensé que le brome libre, qui teintait le bromure d'éthyle, devait avoir agi comme oxydant sur l'alcool attendu. Nous avons alors cherché, systématiquement, quelles pouvaient être les conditions d'action du brome, en milieu aqueux et surtout alcalin, l'influence de la température et celle de l'homogénisation correspondant à une agitation plus ou moins efficace.

Mode opératoire. — On fait agir dans les conditions normales (éther anhydre), des quantités équimoléculaires de bromure d'éthylmagnésium et de benzaldéhyde. On détruit le magnésien en milieu ammoniacal. L'aldéhyde en excès est éliminé sous forme de combinaison bisulfitique, puis l'on dose la fonction hydroxyle par acétylation pyridinée et la fonction cétone par oximation.

Un essai fait avec du bromure d'éthyle absolument pur nous donne 8 % en cétone et 79 % en alcool; un autre conduit de façon identique, mais dont le

([6]) R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, 1946, p. 208.

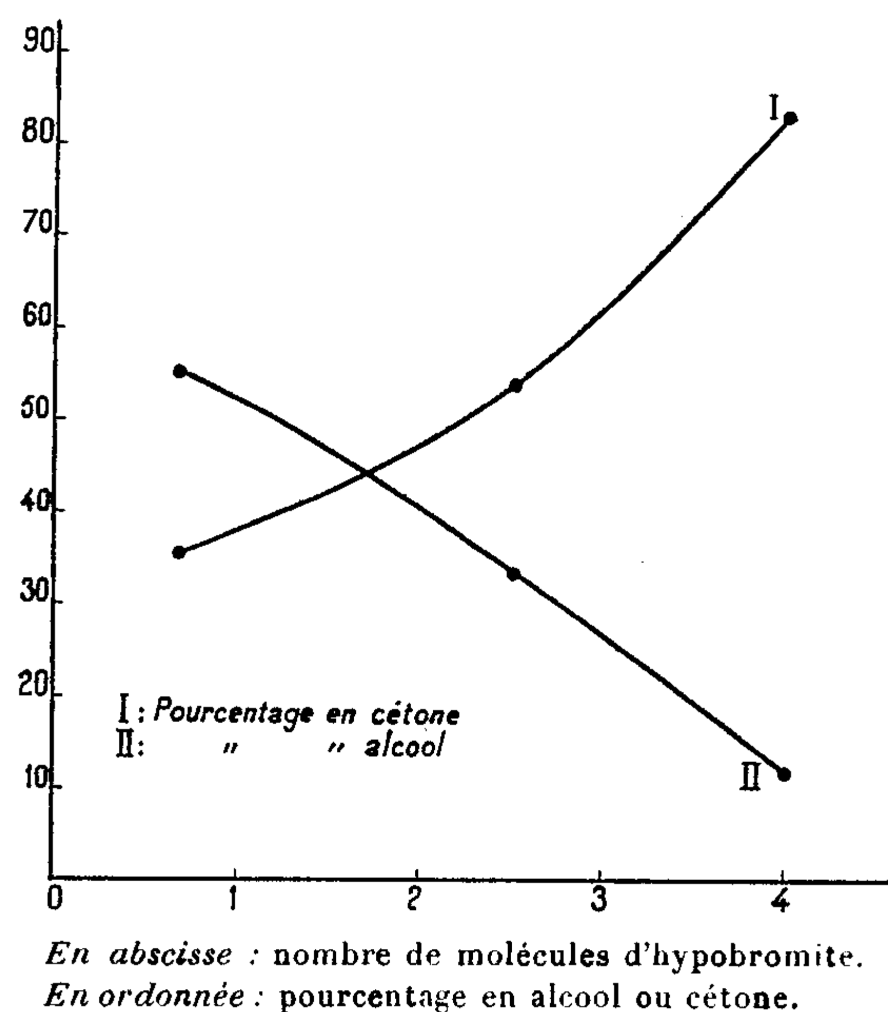
([1]) Séance du 21 octobre 1946.

([2]) *J. Chem. Soc.*, **107**, 1915, p. 509; **105**, 1914, p. 527.

([3]) *Ann. der Chem.*, **442**, 1923, p. 180; **446**, 1925, p. 76.

bromure d'éthyle avait été additionné de dix gouttes de brome, donna 18 % de cétone et 76 % d'alcool.

Dans un nouvel essai, après la condensation du bromure d'éthyle avec le



En abscisse : nombre de molécules d'hypobromite.
En ordonnée : pourcentage en alcool ou cétone.

benzaldéhyde qui donne théoriquement le composé $C_6H_5CH(OMgBr).C_2H_5$, nous avons ajouté une molécule de brome pour une du magnésien primitif. Après une heure, nous avons divisé la solution obtenue en deux parties égales. L'une, détruite en milieu sulfurique, donne 29,5 de cétone, l'autre, détruite en milieu ammoniacal, 44 %.

Ces résultats supposent qu'il y a superposition de deux réactions; la première qui produit l'alcool, la seconde qui oxyde l'alcool en cétone, l'agent d'oxydation étant l'hypobromite d'ammonium qui résulte de l'action du brome libre sur l'ammoniaque.

En effet, si l'on emploie un hypobromite plus stable, tel que l'hypobromite de sodium, qui permet de prolonger le temps de contact, on constate que l'action d'oxydation augmente avec le temps et la teneur en brome; si la soude est en grand excès, il se fait une résinification importante.

Des essais préliminaires nous ayant montré que le maximum d'oxydation était atteint au bout de 12 heures de contact, nous avons alors essayé, dans ces conditions, l'action de quantités croissantes d'hypobromite de sodium.

Hypobromite de Na (mol.)......	0,66	2,5	4	4 (excès de soude)
Alcool %.....................	55	33	12	56
Cétone %.....................	36	54	83	17

Les mêmes expériences, faites avec agitation mécanique, ont donné des teneurs en cétone sensiblement inférieures.

Des résultats analogues et concordants ont été obtenus, en remplaçant le bromure d'éthyle par celui de butyle normal et le benzaldéhyde par l'anisaldéhyde.

La réaction que nous venons de décrire permet le passage direct de l'aldéhyde Ar—CHO à la cétone Ar—CO—R avec des rendements intéressants. Elle n'avait pas encore été décrite, à notre connaissance.

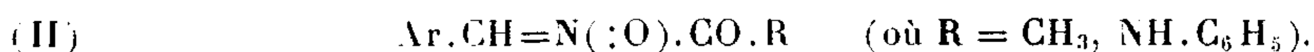
Un exposé plus détaillé paraîtra dans un autre Recueil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la structure de quelques acylarylaldoximes et sur une transposition des N-acylarylaldoximes en O-acylarylaldoximes.* Note ([1]) de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que les acétyloximes et les phénylcarbamyloximes du benzaldéhyde et de l'anisaldéhyde ont été considérées jusqu'ici par tous les savants [Hantzsch ([2]), Beckmann ([3]), Goldschmidt ([4]), etc.] pour des raisons d'ordre chimique (décomposition thermique, hydrolyse) comme des O-acylarylaldoximes possédant la structure (I)



(I) Ar.CH=N.O.CO.R.



(II) Ar.CH=N(:O).CO.R (où R = CH_3, $NH.C_6H_5$).

Étant donnée l'importance de la constitution de ces acylarylaldoximes pour la théorie stéréochimique générale des oximes, d'après les travaux des savants précédents, il m'a paru intéressant d'étudier leur structure par des moyens physiques et chimiques différents de ceux utilisés jusqu'ici. C'est ainsi que l'examen spectral et l'étude du comportement chimique vis-à-vis du réactif de Grignard m'ont montré que la structure nitronique (II) s'accorde mieux avec les faits expérimentaux que la structure (I) admise jusqu'ici pour ces corps.

En effet, l'identité des spectres d'absorption des acétyloximes du benzaldéhyde (courbe 1) et de l'anisaldéhyde (courbe 2) avec les spectres des carbamyloximes du benzaldéhyde (courbe 3) et de l'anisaldéhyde (courbe 4), composés dont la structure nitronique (II) a été indubitablement établie spectralement et chimiquement, nous conduit à admettre la même structure nitronique (II) pour ces acétyloximes. De plus, en tenant compte des relations spectrales (dans l'ultraviolet moyen) entre les oximes et leurs dérivés N substitués ([5]), ainsi que des spectres d'absorption des phénylcarbamyloximes

---

([1]) Séance du 21 octobre 1946.

([2]) *Ber. d. chem. Ges.*, **24**, 1891, p. 37.

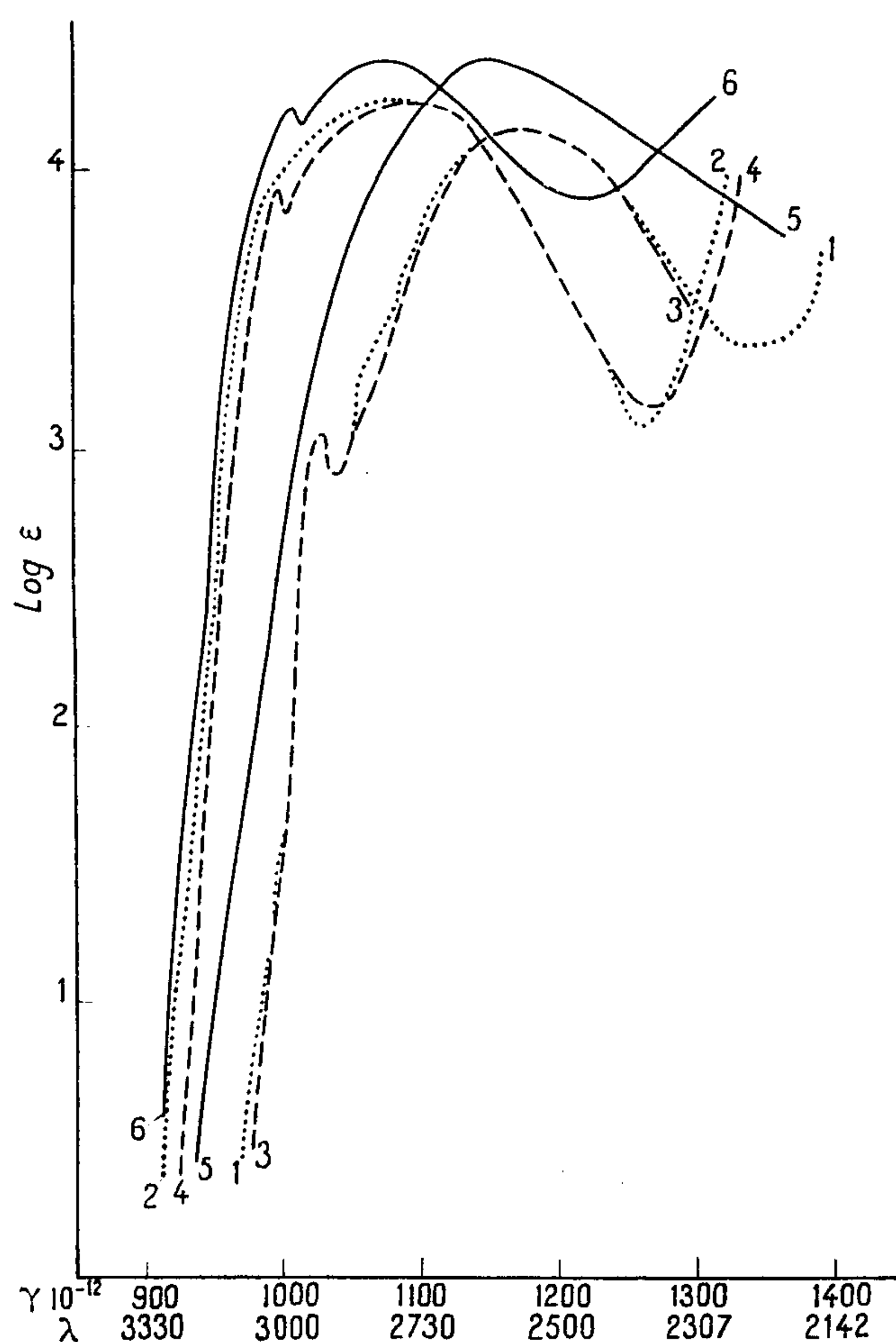
([3]) *Ber. d. chem. Ges.*, **23**, 1892, p. 3321.

([4]) *Ber. d. chem. Ges.*, **22**, 1891, p. 3109; *ibid.*, **23**, 1892, p. 2179.

([5]) *Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, **8**, 1941, p. 106.

du benzaldéhyde (courbe 5) et de l'anisaldéhyde (courbe 6), j'ai été amené à admettre également pour ces phénylcarbamyloximes la même structure nitronique (II).

D'autre part, j'ai montré ([6]) que lorsque, dans le cas des arylaldoximes



			F.
Courbe	1	$C_6H_5 \cdot CH = N(:O) \cdot CO \cdot CH^3$	15°
»	2	p—$CH_3O \cdot C_6H_4 \cdot CH = N(:O) \cdot CO \cdot CH_3$	48°
»	3	$C_6H_5 \cdot CH = N(:O) \cdot CO \cdot NH_2$	124°
»	4	p—$CH_3O \cdot C_6H_4 \cdot CH = N(:O) \cdot CO \cdot NH_2$	133°
»	5	$C_6H_5 \cdot CH = N(:O) \cdot CO \cdot NH \cdot C_6H_5$	136°
»	6	p—$CH_3O \cdot C_6H_4 \cdot CH = N(:O) \cdot CO \cdot NH \cdot C_6H_5$	82°

substituées, le réactif de Grignard peut s'additionner sur le groupe C=N, il se fixe *seulement* sur le groupe C=N de la forme nitronique de ces dérivés des oximes. Par suite, l'addition observée du réactif de Grignard sur certains

([6]) *Praktika de l'Académie d'Athènes*, 16, 1941, p. 118.

phénylcarbamylarylaldoximes milite en faveur de la structure nitronique (II) de ces corps.

Il semble que la contradiction qui apparaît entre les conclusions auxquelles j'ai été conduit et celles qui ont été émises précédemment, peut aisément s'expliquer en admettant que, au cours des réactions (hydrolyse, décomposition thermique) observées par les savants précités ([2]), ([3]), ([4]), il se produit une transposition des N-acyloximes en O-acyloximes.

Soulignons que des transpositions analogues ont été observées dans le cas des N-benzyloximes des cétones aromatiques ([7]) et mixtes ([8]) au cours de leur hydrolyse.

Enfin, les faits précédents constatés pour les acyloximes du benzaldéhyde et de l'anisaldéhyde s'observent également pour les phénylcarbamyloximes d'autres corps carbonylés (acétone, acétophénone, etc.).

En résumé, j'ai montré que les acétyloximes et les phénylcarbamyloximes des aldéhydes benzoïque et anisique considérées jusqu'ici comme des O-acyloximes sont en réalité des N-acyloximes et que ces N-acyloximes se transposent facilement au cours de certaines réactions chimiques (hydrolyse, etc.) en O-acylarylaldoximes. Les conclusions émises concernant la structure des acétyloximes et phénylcarbamyloximes des aldéhydes benzoïque et anisique par les savants précités, lesquels n'ont pas envisagé une telle transposition, ne peuvent pas être retenues.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques propriétés du dibenzoylacétylène.* Note ([1]) de MM. **Georges Dupont** et **Jean Germain**, présentée par M. Marcel Delépine.

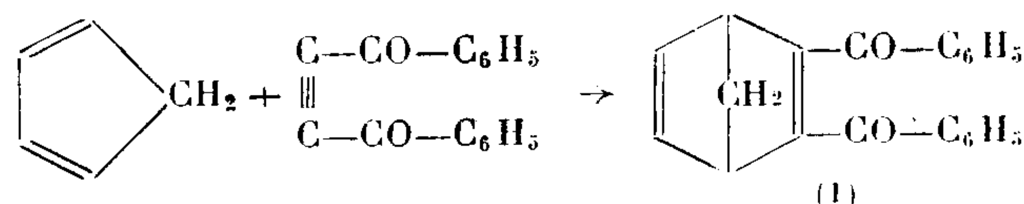
L'un de nous ([2]) a donné une méthode permettant d'obtenir aisément le dibenzoylacétylène. L'intérêt que présente ce corps, en particulier pour les synthèses diéniques ([3]), nous a incités à l'étudier de plus près.

Action du dibenzoylacétylène sur le cyclopentadiène. — Nous avons précédemment montré que le dibenzoylacétylène réagit aisément sur l'isoprène et sur le diméthylbutadiène; nous avons jugé intéressant d'étudier son action sur le cyclopentadiène. La condensation se produit aisément à froid, en solution éthérée, et donne naissance, avec un rendement sensiblement quantitatif, au

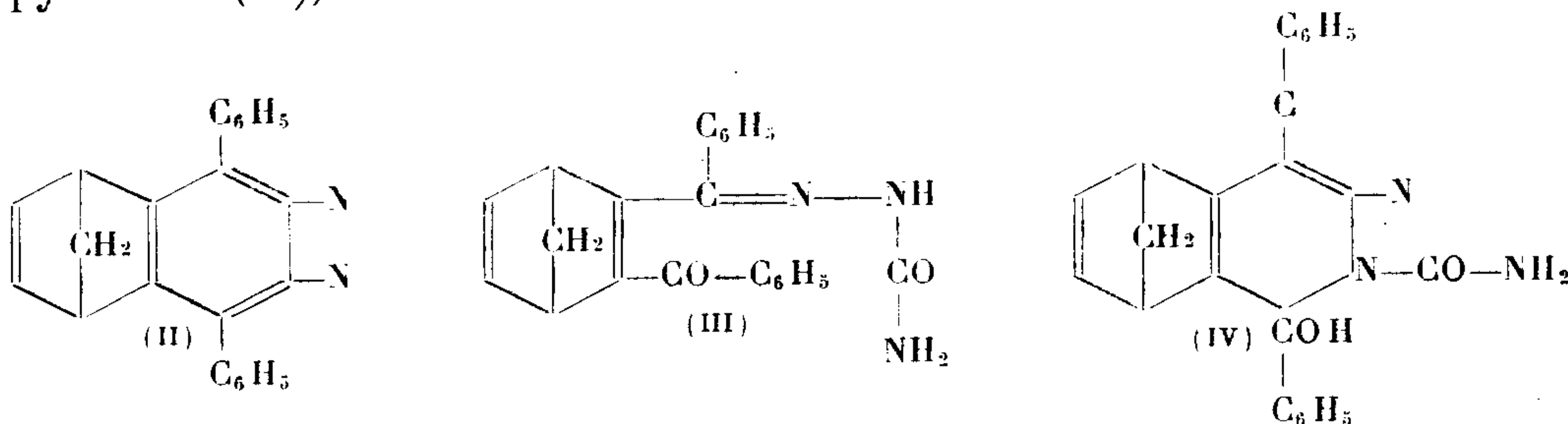
([7]) Martynoff, *Ann. d. Chimie*, 2e série, 7, 1937, p. 470.
([8]) Grammaticakis, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 61.

([1]) Séance du 28 octobre 1946.
([2]) G. Dupont, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1914, p. 606; 41, 1927, p. 1167.
([3]) G. Dupont et C. Paquot, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 807.

dibenzoyl 2.3-bicyclo-[1.7.4] hexadiène-2.5 (I) suivant la réaction

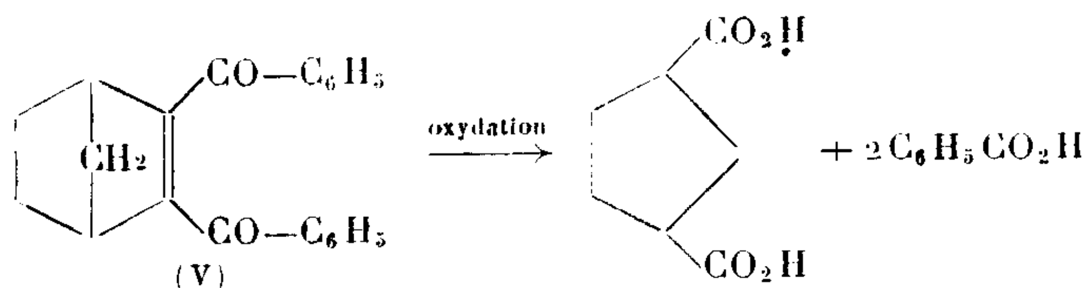


Ce corps est un solide blanc, fondant à 142-143° et distillant, avec une légère décomposition, vers 250°/12^{mm}. Il réagit sur l'hydrazine pour donner une pyridazine (II), cristaux incolores fondant à 202° :



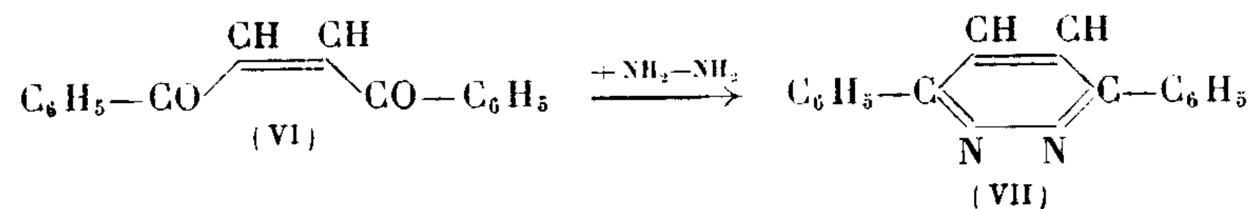
Avec la semicarbazide, on obtient une monosemicarbazone incolore fondant à 102° pour laquelle, en raison de l'inactivité de la deuxième fonction cétonique, on doit préférer la formule tricyclique (IV) à la formule (III).

La constitution du composé (I) est, d'autre part, établie par les faits suivants : son indice de brome, déterminé au moyen du bromure de sulfate de pyridinium, a été trouvé égal à 115 (théorique 106). L'hydrogénation en présence de nickel de Raney conduit à un dérivé dihydrogéné, fondant à 132°,5, auquel on doit attribuer la formule (V), car l'oxydation permanganique le



transforme en acide cyclopentane dicarbonique 1.3-*cis* (F 120°) et en acide benzoïque.

Semi-hydrogénation catalytique du dibenzoylacétylène. — Par hydrogénation ménagée du dibenzoylacétylène, en solution alcoolique, en présence de nickel de Raney, nous avons obtenu, avec un rendement de 50 % environ, le *cis-dibenzoyléthylène* (VI), cristaux jaune pâle F 130°-131°. Il s'agit bien de l'isomère *cis*, car il se combine rapidement à froid à l'hydrazine pour donner la diphénylpyridazine (VII) caractérisée par son point de fusion de 221° :



Cette fixation en position *cis* paraît constituer une exception à la règle assez générale de la *trans*-addition de l'hydrogène sur les triples liaisons, mais peut s'expliquer par l'isomérisation aisée de la variété *trans*, tout d'abord formée, sous l'influence de la lumière ([4]).

L'hydrogénation poussée en présence du même catalyseur conduit au dibenzoyléthane, précédemment obtenu par l'un de nous à l'aide du noir de platine ([1]), mais ici, ce corps est accompagné de produits incristallisables résultant, soit du doublement de la molécule, soit de l'hydrogénation des fonctions cétoniques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de l'action oxydante de l'hypobromite de sodium sur quelques alcools.* Note de M. **Jacques-J. Panouse**, présentée par M. Marcel Delépine.

Comme on le sait, l'hydrolyse d'un composé du type R-CH OR'(MgBr) donne normalement l'alcool secondaire correspondant R-CHOH-R'. Dans une Note récente, M. Métayer ([1]) a étudié cette réaction dans le cas où R représente un radical du type aromatique et a montré qu'en présence d'hypobromite de sodium, on obtenait une forte proportion de cétone Ar-CO-R'. Tout se passe comme si l'acool secondaire normalement attendu était oxydé au fur et à mesure par l'hypobromite. S'il en était ainsi, on devait pouvoir oxyder directement l'alcool lui-même en le soumettant dans les mêmes conditions à l'action de l'hypobromite.

Pour vérifier cette hypothèse et chercher jusqu'où elle était généralisable, nous avons étudié l'action de l'hypobromite sur des alcools variés. Après action de l'hypobromite, on dose la fonction carbonylique engendrée et l'on identifie les aldéhydes et les cétones formés.

Afin d'éviter des réactions secondaires possibles, nous nous sommes limité à l'étude de monoalcools sans doubles liaisons et sans aucun autre groupement fonctionnel. De même, nous avons éliminé les alcools acycliques possédant un groupe méthyle voisin de la fonction alcool (par exemple l'alcool éthylique, qui, sous l'action d'une solution d'hypobromite en milieu alcalin, donne du bromoforme et un formiate).

La technique utilisée est la suivante : on prépare, au moment de l'emploi, une solution d'hypobromite de sodium en versant du brome dans une lessive de soude à 30° Baumé en proportion telle que la réaction soit complète et qu'il ne reste à la fin ni excès de brome ni excès de soude. On opère à o degré pour éviter la formation de bromate. Puis on fait réagir à froid la solution ainsi

([4]) Conant et Lutz, *J. Am. Ch. Soc.*, 47, 1925, p. 881.

([1]) Voir ci-dessus page 739.

préparée sur l'alcool étudié. On utilise un large excès d'hypobromite (4 fois la quantité requise par l'équation théorique



$$R{-}CHOH{-}R' + BrONa = R{-}CO{-}R' + BrNa + OH_2).$$

On agite, et laisse en contact une nuit, on extrait alors à l'éther le contenu du ballon, puis la liqueur éthérée est lavée, séchée, et l'éther est chassé par distillation. Sur le résidu on dose la fonction carbonylée par la méthode de l'oximation ([2]), et, quand cela est possible, on en prépare la semicarbazone. On contrôle le produit par fusion mélangée.

Voici les principaux résultats obtenus :

1° En série acyclique, la réaction n'a pratiquement pas lieu (Pentanol-3 : 10 % de Pentanone-3. Alcool laurique : 0 % d'aldéhyde laurique).

2° En série aromatique; avec les alcools primaires, il faut examiner la réaction sous le double aspect : qualitatif et quantitatif.

Qualitativement, l'alcool benzylique est oxydé en aldéhyde benzoïque, et son homologue supérieur, l'alcool phényléthylique primaire, engendre de l'acétophénone. Il y a là un résultat inattendu.

Quantitativement, les rendements décroissent très rapidement quand la fonction alcool s'éloigne du noyau. De 32 % pour l'alcool benzylique, ils s'abaissent à 19 % pour l'alcool phényléthylique et à 3 % pour l'alcool phénylpropylique.

Avec les alcools secondaires, on obtient les cétones correspondantes; là aussi, plus la chaîne latérale est longue, plus les rendements sont faibles; en outre, les alcools secondaires s'oxydent plus facilement que les alcools primaires isomères : ainsi le phénylméthylcarbinol donne 37 % d'acétophénone et le phényléthylcarbinol 32 % de phényléthylcétone. D'autre part, la présence d'un noyau de chaque côté de la fonction alcool entrave l'oxydation. Ainsi, on a des rendements très faibles avec le benzhydrol (10 % de benzophénone) et presque nuls avec la désoxybenzoïne (3 %).

3° En série alicyclique, on constate la facilité d'oxydation du cyclohexanol, alcool nucléaire, qui a donné 24 % de cyclohexanone, alors que le tétrahydroionol, où la fonction alcool est plus éloignée du noyau, n'a pratiquement pas été oxydé (3 %).

4° Avec les alcools furylique et tétrahydrofurylique, il y a eu carbonisation et destruction.

5° Un essai sur un alcool tertiaire, le diméthylphénylcarbinol s'est révélé négatif : aucune semicarbazone ne s'est montrée décelable.

En résumé, nous avons pu établir qu'en traitant des alcools par une solution d'hypobromite de sodium, on pouvait obtenir des quantités assez importantes d'aldéhydes ou de cétones, surtout dans le cas d'alcools cycliques intranucléaires ou juxtanucléaires.

([2]) S. Sabetay, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 1419.

En outre, nous avons montré que, par cette méthode, on pouvait parfois réaliser le passage direct d'un alcool primaire à la cétone en α correspondante, et ce fait peut contribuer à faire comprendre le mécanisme de l'oxydation des alcools.

Un exposé détaillé paraîtra dans un autre Recueil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode générale de préparation des composés oxyazoïques. Action des dérivés nitrés sur les alcoyloxy-anilines.* Note de M. **Modeste Martynoff**, présentée par M. Marcel Delépine.

La chimie des colorants oxyazoïques doit son grand développement, en partie, à la méthode de préparation découverte par A. Kekulé, méthode qui consiste à copuler les sels de diazonium avec les phénols. Malheureusement ce procédé ne permet d'obtenir ni les *ortho*-oxyazoïques non substitués en position *para* par rapport au groupe phénolique, ni les *méta*-oxyazoïques. Aussi était-on réduit dans ces cas à des méthodes détournées plus ou moins difficiles à réaliser.

La présente Note a pour objet de décrire une méthode de préparation simple des oxyazoïques, qui peut être appliquée indifféremment aux trois groupes : *ortho*, *méta* et *para*.

La synthèse de quelques azocarbures de la série benzénique, par condensation des dérivés nitrés avec certaines anilines, avait déjà été signalée [1]. De mon côté, j'avais étendu cette méthode à la série naphtalénique en préparant les deux benzénazonaphtalènes par action du nitrobenzène sur les naphtylamines. A ma connaissance aucun essai n'avait encore été tenté pour appliquer cette réaction à la synthèse des oxyazoïques.

Il m'a donc semblé intéressant de voir si les alcoyloxy-anilines, telles que les anisidines ou les phénétidines, ne réagissaient pas d'une façon semblable pour donner des éthers d'oxyazoïques pouvant être hydrolysés en matières colorantes. L'expérience a pleinement confirmé ces vues et j'ai pu ainsi préparer avantageusement l'*ortho*- et le *méta*-oxyazobenzène en condensant, en présence de soude, le nitrobenzène, soit avec l'*ortho*-, soit avec la *méta*-anisidine et en hydrolysant, à l'aide de chlorure d'aluminium, les éther-oxydes obtenus.

Je décrirai ici particulièrement la préparation du *méta*-oxyazobenzène; celle de l'isomère *ortho* n'en diffère que par quelques détails.

On ajoute petit à petit, en agitant, 5 mol. de soude finement pulvérisée dans un mélange de 1 mol. de nitrobenzène et de 1,2 mol. de *m*-anisidine. Durant l'opération qui s'effectue en 30 minutes environ, la température est maintenue entre 170 et 175°. La réaction étant fortement exothermique, on doit prendre des

(1) D. R. P. n° 52839, Frdl., 1887-1890, p. 422; P. Jacobson, *Ber. d. chem. Ges.*, 28, 1895, p. 2541; P. Jacobson et W. Lischke, *Ann. der Chem.*, 303, 1898, p. 367.

précautions pour éviter tout échauffement excessif qui pourrait provoquer une carbonisation complète. L'introduction étant terminée, on maintient le mélange pendant 20 minutes à 180-185°. Après avoir laissé refroidir la masse épaisse, on la broie avec ClH dilué et on l'épuise au benzène. La solution benzénique filtrée, lavée à la soude et séchée abandonne par évaporation une huile rouge que l'on soumet à la distillation fractionnée sous pression réduite. La presque totalité de l'huile distille à 199-200° sous 18mm. Par refroidissement le distillat se prend en une masse cristalline rouge orangé fondant à 33°. Le rendement est d'environ 55 % de la théorie. Le *m-méthoxyazobenzène* ainsi obtenu est identique à celui que P. Jacobson et F. Hönigsberger (²) préparèrent par désamination du *m*-méthoxy-*p*-amino-azobenzène. L'hydrolyse du dérivé méthoxylé en *m-oxyazobenzène* s'effectue à l'aide de $AlCl_3$ avec un rendement de 75 %. L'oxyazoïque est facilement purifié par cristallisation dans le cyclohexane, au sein duquel il se dépose en aiguilles jaune orangé fondant à 118°.

La condensation du nitrobenzène avec l'*o*-anisidine fournit de même le *o-méthoxyazobenzène* distillant à 192-195° sous 13mm et cristallisant dans l'éther de pétrole en aiguilles orangées fondant à 41°. Le rendement est de 60 % de la théorie. Le produit est identique à celui obtenu par E. Bamberger (³) par action du nitrosobenzène sur l'*o*-anisidine. L'hydrolyse du dérivé méthoxylé en *o-oxyazobenzène* a été réalisée à l'aide de $AlCl_3$. On purifie l'oxyazoïque par cristallisation dans l'éther de pétrole. Aiguilles rouge orangé fondant à 83°.

Je signalerai accessoirement que l'action du nitrobenzène sur l'α-naphtylamine, en présence de soude, conduit avec un rendement de 42 % au 1-*benzènazonaphtalène*. Cet azocarbure distille avec une légère décomposition vers 250° sous 25mm et se dépose dans un mélange d'alcool et d'éther en cristaux de couleur rouille fondant à 69°. Il est curieux de constater que son aspect diffère totalement de celui du produit rouge foncé obtenu par désamination de la 1-benzènazonaphtylamine-(4) (⁴). Il s'agit sans doute d'un cas de stéréo-isomérie.

Enfin la β-naphtylamine se condense avec le nitrobenzène, en présence de soude, en donnant naissance, avec un rendement de 45 %, au 2-*benzènazonaphtalène*. Cet azocarbure cristallise dans l'alcool en aiguilles de couleur rouille fondant à 84°, identiques à celles que H. T. Bucherer et M. Rauch (⁵) isolèrent, parmi d'autres produits, en condensant le 2-naphtol-1-sulfonate de sodium avec la phénylhydrazine en présence du bisulfite de sodium.

Le mécanisme exact de la réaction entre un dérivé nitré et une amine reste encore à élucider. On peut admettre soit une oxydo-réduction réciproque

(²) *Ber. d. chem. Ges.*, 36, 1903, p. 4093

(³) *Ber. d. chem. Ges.*, 33, 1900, p. 3190.

(⁴) R. Nietzki et R. Zehnter, *Ber. d. chem. Ges.*, 26, 1893, p. 143.

(⁵) *J. f. pr. Chem.*, 132, 1931, (2), p. 227.

donnant naissance, en premier lieu, au nitrosobenzène qui s'unirait ensuite à l'amine pour former l'azoïque, soit une condensation directe des deux réactifs conduisant à un azoxy-dérivé instable. Il est possible que les deux mécanismes jouent simultanément.

En résumé, j'ai montré que la condensation du nitrobenzène avec les alcoyloxy-anilines, en présence de soude, donne naissance aux alcoyléthers des oxyazoïques pouvant être aisément hydrolysés en colorants correspondants. Les naphtylamines fournissent dans les mêmes conditions les benzènazonaphtalènes.

Des essais sont en cours afin d'étendre la nouvelle méthode à la synthèse des matières colorantes aminoazoïques.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Comparaison des résultats obtenus par la méthode du pouvoir d'émanation et par la méthode thermomagnétique sur les modifications de structure de l'oxyde de fer* Fe_2O_3. Note de Mme **Arlette Hée**, présentée par M. Charles Maurain.

Pour étudier les états chimiques et allotropiques des *oxydes de fer*, diverses méthodes d'analyse physiques ont été utilisées. En particulier, G. Chaudron et ses élèves ont fait de nombreuses recherches sur ces corps par l'analyse thermique, par la méthode thermique dilatométrique et par la méthode thermomagnétique. Récemment, R. Chevallier ([1]) et E. Thellier ([2]) ont fait paraître des résultats nouveaux sur ce même sujet. Par ailleurs, des études ont été faites sur ces oxydes par la méthode du pouvoir d'émanation, méthode basée sur les expériences de Rutherford ([3]). Celui-ci examina la variation avec la température de la quantité d'émanation qui s'échappe d'une préparation d'oxyde de thorium. O. Hahn ([4]) eut, le premier, l'idée d'utiliser la variation du pouvoir d'émanation avec la température, comme moyen d'investigation sur la structure des substances solides. De nombreux corps furent examinés par lui ou ses élèves. En particulier, un premier Mémoire parut en 1945 ([5]) sur le Fe_2O_3. Depuis, d'autres Mémoires, dont la bibliographie paraîtra dans une publication plus détaillée, apportent des renseignement précieux sur les modifications de structure de ce corps sous l'action de la chaleur.

Il m'a paru utile de faire un *rapprochement* entre les résultats obtenus par cette dernière méthode et par la méthode thermomagnétique, rapprochement qui, à ma connaissance, n'a pas encore été fait et qui conduit à une constatation intéressante.

([1]) *Annales de Physique*, **18**, 1943, pp. 258-288.
([2]) Mlle J. Roquet et E. Thellier, *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 1288-1290.
([3]) *Phys. Zeits.*, 1901.
([4]) O. Hahn et O. Muller, *Z. Elektrochem.*, **29**, 1923, pp. 189-220.
([5]) O. Hahn et V. Senftner, *Zeits. Physik. Chem.*, (A), **170** 1934, pp. 191-211.

Les courbes de variation du pouvoir d'émanation avec la température présentent des irrégularités en rapport avec les changements dans la structure du milieu pulvérulent. Ces phénomènes ne sont pas tous faciles à expliquer. A la suite des travaux de O. Hahn sur le Fe_2O_3, L. G. Cook ([6]), en opérant par recuits successifs à des températures croissantes, a obtenu des tracés simples avec un seul point d'inflexion. S. Flügge et K. E. Zimens ([7]), appliquant leur théorie sur le pouvoir d'émanation à ces derniers résultats expérimentaux, ont déterminé une température privilégiée : $t = 960°$ K. Cette température ressort de l'étude du diagramme logarithmique des constantes de diffusion des atomes d'émanation, à diverses températures; elle pourrait être en relation avec le phénomène d'auto-diffusion des atomes eux-mêmes du sesquioxyde de fer. Ce que l'on peut dire, d'une façon certaine, c'est qu'à partir de cette température, la diffusion des atomes d'émanation se fait intensivement.

Or, cette température coïncide avec le point de Curie de Fe_2O_3, $t = 948°$ K. [H. Forestier ([8])].

Une constatation analogue peut être faite sur une courbe obtenue par K. E. Zimens en utilisant son appareil automatique pour la mesure du pouvoir d'émanation de la magnétite, Fe_3O_4, chauffée dans un courant d'oxygène. Trois maxima se manifestent, un premier à 400° qui ne concerne pas la question étudiée, et deux autres à 550° C. et 670° C., températures voisines des points de Curie de la magnétite et du sesquioxyde de fer.

Il est, peut-être, prématuré d'essayer d'expliquer ces coïncidences avant de faire des vérifications expérimentales sur d'autres corps. Notons, cependant, qu'une courbe de variation du pouvoir d'émanation de la silice amorphe dans un courant d'azote présente, tout au moins jusqu'à 1400°, un aspect totalement différent des courbes qui caractérisent les corps nommés précédemment, dont l'un est ferromagnétique et dont l'autre possède presque toutes les propriétés des ferromagnétiques.

Nous savons déjà que, si au point de Curie les rayons X ne rendent pas compte d'une variation de la constante réticulaire, certaines propriétés physiques des corps ferromagnétiques sont modifiées, telles le coefficient de dilatation, la chaleur spécifique, la résistance électrique. *Nous pouvons ajouter que dans le* Fe_2O_3 *et le* Fe_3O_4 *chauffés au voisinage du point de Curie, la diffusion des atomes d'émanation croît d'une façon importante.* Cette dernière constatation se trouve être en rapport étroit avec les anomalies positives d'activation du pouvoir catalyseur de divers ferrites signalées par R. Lille ([9]), lorsque ces ferrites sont portés à des températures voisines de leur point de Curie.

([6]) *Zeits. Physik. Chem.*, (B), **42**, 1939, pp. 221-239.
([7]) *Zeits. Physik. Chem.*, (B), **42**, 1939, pp. 179-220.
([8]) *Annales de Chimie*, **9**, 1928, pp. 316 401.
([9]) *Thèse*, Strasbourg. 1943.

L'accroissement considérable du pouvoir d'émanation au voisinage des points de Curie de la magnétite et du sesquioxyde de fer est-il un phénomène lié directement au champ moléculaire, ou est-il en rapport avec des contractions et des déformations dues à la disparition d'orientation dans les domaines élémentaires de Weiss ? Il reste là un problème à résoudre.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Altérations du chimisme des étamines du* Lychnis dioïca *par l'*Ustilago antherarum. Note (1) de Mme **Cécile Sosa-Bourdouil**, présentée par M. Louis Blaringhem.

On sait que les anthères du *Lychnis dioïca* L. sont parfois remplies par les spores d'un champignon parasite : l'*Ustilago antherarum* Tul. Deux sortes de fleurs peuvent avoir leurs anthères envahies par ce champignon : les fleurs mâles et les fleurs en apparence hermaphrodites. Ces dernières appartiennent en réalité, comme l'a montré Magnin (2), à des plantes femelles dont les étamines se sont développées sous l'influence du parasite.

Nous nous sommes proposé l'examen comparatif du métabolisme des fleurs, saines ou parasitées. Malgré la petite quantité de matériel dont nous disposions, nous avons pu effectuer, d'une part, des dosages d'azote, d'autre part, quelques essais sur l'activité catalytique des anthères. Les analyses sont faites sur des échantillons dont nous déterminons par ailleurs la teneur en eau.

I. Si l'on considère le poids d'une étamine fraîche sur le point de libérer le pollen, il est en moyenne de $0^{mg},45$ (au mois de mai) pour la fleur saine. A la même époque, ce poids est très variable pour les étamines parasitées; nous trouvons en moyenne sur 50 étamines $1^{mg},15$ pour la plante mâle. Dans une des récoltes la teneur en eau a été de 68 % et 67 % respectivement. La masse des deux anthères d'une étamine parasitée est 2,5 fois environ supérieure à celle trouvée pour les étamines saines. Cette différence affecte principalement la matière organique édifiée par le parasite aux dépens de l'hôte. La teneur en azote est par contre inférieure chez les étamines parasitées (3,2 % de matière sèche) relativement aux mêmes organes sains (5,9 %). La présence soit de pollen, soit des spores du champignon, qui constituent la plus grande masse de l'étamine, modifie profondément l'équilibre chimique de la matière organisée construite à partir des matériaux fournis par le *Lychnis*. Nous calculons la quantité d'azote mise en œuvre dans les deux cas par rapport à une étamine :

	Poids sec.	N.
Anthères saines............	$0^{mg},14$	$0^{mg},008$
Anthères parasitées.........	$0^{mg},35$	$0^{mg},011$

(1) Séance du 28 octobre 1946.

(2) *Recherches sur le polymorphisme floral, la sexualité et l'hermaphrodisme parasitaire du* Lychnis Vespertina *Sbtp.*, Lyon, 1889, 32 p.

Donc, si l'équilibre azoté des anthères parasitées est dans le sens d'une proportion plus faible d'azote par rapport à la normale, par contre, la quantité d'azote mise en œuvre y est nettement supérieure à celle de l'étamine saine. Ce dernier fait, comme le confirme le dosage de l'azote protidique, est évidemment en corrélation avec le supplément de matière organique construite. Les rapports des teneurs en N entre l'étamine parasitée et l'étamine saine sont de 0,54 environ; les rapports des quantités passent à 1,4.

Nous avons effectué également des analyses sur les anthères des fleurs hermaphrodites en apparence, quoique appartenant à des pieds femelles. Ici, le poids d'une étamine parasitée est en général plus faible que celui du même organe prélevé sur les plantes mâles (en moyenne $0^{mg},8$ contre $1^{mg},1$). Par une sorte de balancement organique, il paraît que le développement de l'ovaire, lui-même gêné par celui des étamines, gêne à son tour le développement massif des spores. Quant à la teneur en azote, nous trouvons des chiffres voisins de ceux des plantes mâles parasitées (3,5 à 3,9 %).

II. Les différences constatées affectent non seulement les proportions des matériaux, mais aussi l'activité des biocatalyseurs de l'étamine.

Nous avons mesuré l'activité phosphatasique des étamines broyées sur le β-glycérophosphate de sodium. En faisant agir $0^{g},1$ d'anthères fraîches sur 5^{cm^3} à 1 % de glycérophosphate à 34°, nous observons au bout du même temps une hydrolyse de 31 % avec les organes sains, de 10 % seulement avec les organes parasités.

Par ailleurs nous avons mesuré le pouvoir oxydant des étamines sur l'acide ascorbique suivant notre technique précédemment décrite : action au bout de dix minutes à 20° de $0^{g},2$ d'organe broyé sur 4^{cm^3} d'une solution d'acide ascorbique à $500^{\gamma}/cm^3$ protégée par 0,025 % d'acide métaphosphorique. Nous trouvons 62 % d'acide ascorbique oxydé pour les anthères parasitées contre 20 % seulement pour les anthères saines. Donc, d'un côté, activité plus faible en ce qui concerne l'hydrolyse du glycérophosphate, d'un autre côté, activité plus forte quant au pouvoir oxydant sur l'acide ascorbique chez les étamines parasitées.

En résumé, nous avons mis en évidence quelques différences biochimiques entre les anthères saines et les anthères parasitées du *Lychnis dioïca*. Ces faits sont en rapport avec l'équilibre chimique spécifique de chacun des deux contenus : pollen du *Lychnis*, spores de l'*Ustilago*. De plus, les étamines parasitées offrent un excédent de synthèse organique en rapport avec l'effet du parasite sur l'hôte.

HYSTOPHYSIOLOGIE. — *Sur les ganglions nerveux sympathiques de la rétine humaine*. Note (¹) de M. **Jacques Mawas**, présentée par M. Justin Jolly.

Nous avons signalé et décrit dans une précédente Note (²) la présence dans la rétine de l'Homme et de quelques mammifères, de cellules de signification sympathique pourvues de longues fibres épaisses. Ces dernières se trouvent dans la couche la plus profonde de la membrane visuelle, celle dite couche des fibres optiques. Elles ont passé inaperçues de nombreux auteurs qui ont étudié la rétine par les méthodes neuro-fibrillaires ou par le bleu de méthylène. Elles sont cependant relativement énormes, quélques-unes géantes, comparativement aux cellules multipolaires de la couche ganglionnaire proprement dite, dont elles diffèrent à la fois par leur aspect et par leurs rapports. Comme nous l'avons déjà dit, on ne peut les bien voir que sur les rétines fixées, étalées et colorées à plat.

Nous nous sommes demandé s'il n'existait pas à côté de cet ensemble de cellules disséminées à la surface de la rétine d'autres formations de même nature condensées en ganglions. Nous avions émis l'hypothèse de l'origine de ces cellules dans le ganglion caverneux et leur acheminement vers l'intérieur de l'œil dans l'adventice des artères ophtalmique et centrale de la rétine. Nous avons en conséquence porté nos recherches autour de la papille, du nerf optique, là où l'artère centrale pénètre dans l'œil pour s'y diviser et là où un système de régulation autonome semble désirable, ou tout au moins dont la présence semble logique. Nous avons eu la chance de trouver autour de la papille des microganglions au nombre de quatre ou cinq. Peut-être sont-ils plus nombreux. Une étude systématique sur coupes sériées donnera seule le nombre exact et la densité de ce système, encore qu'il doit exister comme toujours dans de pareils cas d'importantes variations individuelles.

Comme il est difficile d'étaler convenablement la région péripapillaire de la rétine sans la déchiqueter, en la séparant du nerf optique, il est indispensable pour l'étude de ces microganglions d'avoir recours à des coupes transversales ou tangentielles allant de l'anneau scléral au corps vitré. L'imprégnation se fera sur coupes par une quelconque des méthodes neuro-fibrillaires.

Voyons maintenant comment se présentent ces ganglions sur les coupes dont nous venons de parler. On les rencontre soit dans la zone où les fibres du nerf optique se condensent en faisceaux volumineux pour traverser la lame criblée et, dans ce cas, ils sont en plein au milieu des fibres dans les intervalles interfasciculaires; soit plus loin, à la périphérie, faisant légèrement saillie dans le corps vitré. Ces ganglions sont dépourvus de capsule. Ils sont formés par des

(¹) Séance du 21 octobre 1946.

(²) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 691.

cellules uni- ou bipolaires dont le nombre varie de dix à vingt. Le corps cellulaire est arrondi ou ovalaire, le protoplasma d'aspect homogène entoure un noyau arrondi, parfaitement délimité. Le cône d'émergence du cylindre-axe est parfois plus foncé que le reste du protoplasma. Quoique plus petites que celles que nous avons décrites précédemment, elles semblent de même nature. Ces cellules dont une étude ultérieure donnera les caractéristiques cytologiques, de même que les connexions avec les vaisseaux et les autres éléments rétiniens, constituent par leur réunion de véritables microganglions intra-mureaux. Elles donnent enfin naissance à des fibres très fines, nues, rectilignes, sans nodosité ni enveloppe, ni noyau de Schwann; ces fibres, après leur sortie du ganglion, suivent pendant un certain temps le trajet rétinien des fibres du nerf optique.

Il existe donc dans la rétine deux catégories d'éléments nerveux dont la nature sympathique nous apparaît comme certaine :

1° des cellules disséminées et leurs fibres;

2° des micro-ganglions composés chacun par plusieurs cellules réunies en amas, celles-ci plus petites que les précédentes.

Ces formations sympathiques intra-rétiniennes sont indépendantes de ce que nous avons appelé dans des publications déjà anciennes [3] le *plexus orbito-oculaire*, plexus dominé en grande partie par le ganglion ophtalmique et dont les cellules pénètrent dans l'œil en même temps que les nerfs et les vaisseaux ciliaires. Le *plexus orbito-oculaire* se ramifie et se termine dans la sclérotique et la cornée d'une part, dans la choroïde, le corps ciliaire et l'iris d'autre part. Ce que nous proposons de nommer le *plexus rétinien*, et qui comprend les éléments que nous venons de découvrir, est exclusivement réservé à la membrane visuelle.

Si l'origine, les connexions et les ramifications du premier système sont bien connues, de même que son rôle physiologique, il n'en est pas de même du second, au sujet duquel nous ne pouvons formuler que des hypothèses.

En admettant, comme nous l'avons fait dans notre précédente Note, que les cellules sympathiques disséminées constituent un *système viscéro-sensitif rétinien* en connexion avec le ganglion caverneux et le rameau carotidien du ganglion cervical supérieur, nous devons nous demander quel peut être le rôle de ce système. Comme partout ailleurs il doit jouer ici un rôle régulateur de la nutrition et du métabolisme, comme nous le verrons lorsque nous étudierons l'innervation des vaisseaux rétiniens. De plus, nous pensons qu'il a deux autres fonctions tout aussi importantes, un mécanisme régulateur de la pression artérielle rétinienne et un mécanisme enregistreur des variations de la pression intra-oculaire et des modifications physico-chimiques des milieux intra-oculaires.

(3) J. Mawas, *Soc. Opht.*, Paris, 1936, pp. 89, 170 et 172; *Assoc. Anatomistes*, Milan, septembre 1936.

PHARMACODYNAMIE. — *Contribution à l'étude pharmacodynamique du carvacrol et de ses éthers.* Note [1] de MM. **Georges Andrieu, Fernand Caujolle, Claude Franck** et **Louis Girard.**

Par condensation au bain-marie, en milieu alcoolique, du carvacrolate de sodium avec les sulfates de méthyle et d'éthyle ou le bromure de N propyle, nous avons obtenu les éthers correspondants du carvacrol; les produits bruts de condensation, privés par distillation de l'alcool et de l'excès du dérivé alcoylé, ont été étendus d'eau et épuisés à l'éther de pétrole. Après décantation, la couche éthérée a été lavée soigneusement à la soude aqueuse à 5 %, puis à l'eau; ensuite l'éther de pétrole fut éliminé par distillation à la pression ordinaire et le résidu fractionné sous vide. Les produits très purs utilisés répondent aux constantes suivantes :

		Point d'ébullition.	Densité à 15°.	n_D à 20°.
	Carvacrol	$236°/_{760mm}$	0,9793	1,5222
Éther	méthylique	$84\text{-}86°/_{5mm}$	0,9470	1,5080
	éthylique	$92°/_{4mm}$	0,9226	1,4954
	N propylique	$110\text{-}112°/_{10mm}$	0,9132	1,4938

1° Doses léthales. — La toxicité des éthers de carvacryle a été étudiée chez le Chien anesthésié au chloralose par perfusion intraveineuse lente, poursuivie jusqu'à la mort constatée par l'enregistrement graphique de l'arrêt des battements cardiaques. Nous avions au préalable déterminé par la même méthode la toxicité du carvacrol [2]. La durée des perfusions a été dans tous les cas compris entre 25 et 30 minutes.

Six expériences ont été réalisées pour le carvacrol et chacun de ses éthers; le tableau ci-dessous indique les résultats obtenus.

	Doses léthales en gramme/kilogramme	
	limites.	moyenne.
Carvacrol	0,19-0,49	0,32
Méthylcarvacrol	0,45-1,90	0,96
Éthylcarvacrol	0,38-1,21	0,71
N-propylcarvacrol	1,10-1,64	0,93

Par voie intrapéritonéale chez le Cobaye, la dose léthale suivant la formule de Kärber et la dose léthale 50 selon Trévan s'élèvent pour les éthers éthylique et N-propylique aux valeurs ci-dessous (essais pratiqués sur 72 cobayes pour chaque éther).

	Formule de Kärber.	Dose léthale 50 de Trévan.
Éthylcarvacrol	0,83	0,86
N-propylcarvacrol	1,25	1,25

(1) Séance du 28 octobre 1946.

(2) Caujolle et Franck, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **26**, 1944, p. 334.

Les toxicités de ces deux éthers pour le Chien et le Cobaye ont une bonne concordance.

2° Effets pharmacodynamiques chez le Chien. — *a. Effets sur la pression sanguine.* — Le carvacrol et ses éthers, administrés par voie intraveineuse, déterminent chez le Chien une chute de la pression sanguine progressive et assez rapide dans le cas du carvacrol, plus lente et par paliers successifs dans le cas des éthers.

b. Effets sur les mouvements respiratoires. — Le carvacrol détermine très rapidement une apnée de quelques secondes au terme de laquelle la respiration se rétablit selon un rythme accéléré pour s'arrêter définitivement après une courte période de ralentissement léger. Dans le cas des éthers, l'apnée initiale est inconstante; qu'elle se soit ou non produite, les mouvements respiratoires présentent une augmentation de leur fréquence et de leur amplitude, avec rythme particulier rappelant celui de Cheyne-Stockes.

c. Effets sur le système nerveux. — La perfusion du carvacrol et des éthers de carvacryle ne déclenche chez le Chien ni crise de convulsion, ni convulsions isolées.

3° Activité bactéricide. — Suivant des techniques déjà exposées en rapportant nos recherches dans la série du thymol ([3]), l'étude de l'activité bactéricide du carvacrol et de ses éthers nous a conduits aux résultats suivants :

Pouvoir bactéricide (en grammes par 10^{cm^3} de bouillon nutritif).

	Staphyl. doré.	Proteus vulgaris.	B. d'Eberth.	B. dysentérique type Flexner.	Strepto- hémolytique.	B. diphtérique.	B. paraturberc. type Milde Moeller.	B. subtilis.
Carvacrol	0,001	0,001	0,001	0,0001	0,0005	0,002	0,01	0,005
Éther méthylique	0,005	0,02	0,02	0,05	0,001	0,02	0,0075	0,05
» éthylique	0,01	0,02	0,05	0,05	0,05	0,01	0,01	0,05
» N propylique	0,10	0,05	0,05	0,10	0,075	0,05	0,01	0,10

Les vitesses d'action bactéricide des éthers de carvacryle et des éthers homologues de thymyle sont du même ordre.

On observe ainsi que l'éthérification de l'oxydryle phénolique du carvacrol diminue, mais n'abolit pas le pouvoir microbicide; cette conclusion est identique à celle déjà signalée avec le thymol et ses éthers ([4]).

([3]) Andrieu, Caujolle et Franck, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 109.

([4]) Caujolle, Franck et Girard, *Ibid.*, **218**, 1944, p. 571.

PHARMACODYNAMIE. — *Mise en évidence, sur les vaisseaux de la patte du Chien, de l'action sympathicosthénique de l'ibogaïne.* Note de M. RAYMOND-HAMET, transmise par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons montré précédemment [1] que l'ibogaïne, alcaloïde principal d'une drogue défatigante africaine, le *Tabernanthe Iboga* H. Baillon, possède le pouvoir de rendre le système nerveux symphatique plus sensible à ses excitants naturels et artificiels, c'est-à-dire est doué de cette activité que nous avons désignée sous le nom de sympathicosthénique.

Si l'on admet qu'à l'inverse des substances auxquelles cette activité appartient, celles qui possèdent un pouvoir sympathicolytique diminuent la sensibilité de ce même système nerveux sympathique, on peut considérer celles-ci comme de véritables antagonistes physiologiques de celles-là.

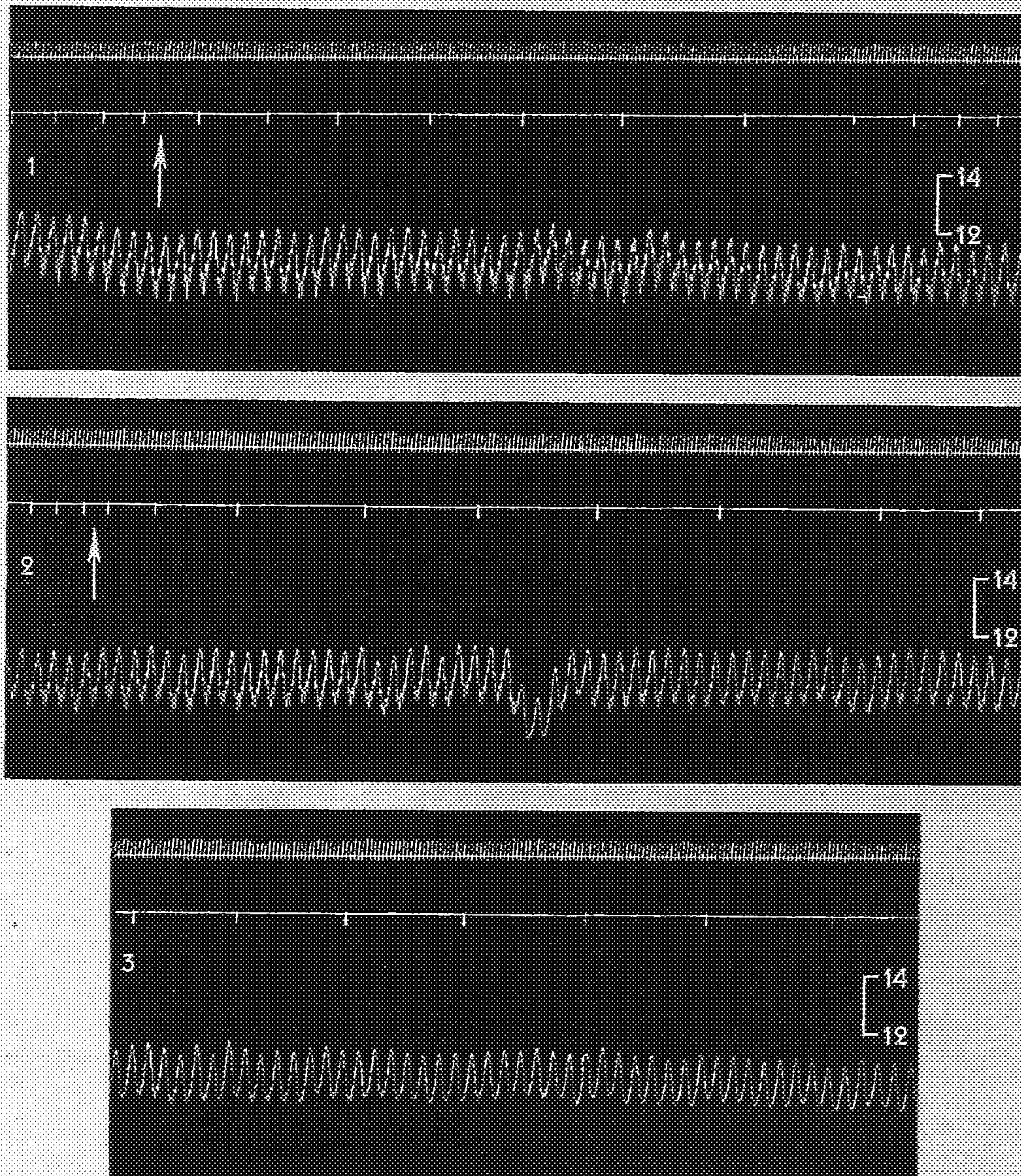
La méthode de Schiff adaptée par nous aux recherches pharmacologiques nous a déjà permis de nous assurer [2] que l'activité sympathicolytique vasculaire s'exerce à la périphérie puisque, quand on a soumis les vaisseaux d'une patte à l'action d'une substance offrant cette activité, l'injection d'adrénaline dans l'artère fémorale de cette patte augmente l'écoulement sanguin de la veine fémorale correspondante, alors que, initialement, elle la diminuait fortement.

Grâce à cette méthode, nous avons pu constater, d'une part que l'influence des sympathicosthéniques sur les effets vasculaires de l'adrénaline est inverse de celle des sympathicolytiques, d'autre part que, comme celle desdits sympathicolytiques, elle s'exerce à la périphérie. On en trouvera les preuves dans le tracé ci-après.

Au début de l'expérience (*fig.* 1) l'injection dans une ramification de l'artère fémorale d'une dose de bitartrate d'adrénaline correspondant à $0^{mg},01$ de base et dissoute dans 1^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium, avait entraîné une diminution de l'écoulement sanguin de la veine fémorale correspondante qui avait duré un peu moins de 4 minutes et s'était montré à son maximum d'à peu près 3 fois (exactement 2,82). Quand on eût fait pénétrer dans les veines de la patte soumise à l'expérience, d'abord 4^{mg} puis 40^{mg} de chlorhydrate d'ibogaïne, l'injection de la même dose d'adrénaline qu'auparavant entraîna une réduction de l'écoulement de la veine fémorale qui à son maximum fut de plus de 6 fois (exactement 6,22) et qui, 12 minutes 1/2 après l'injection d'adrénaline, était encore de près de 5 fois (exactement 4,88).

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, **133**, 1940, p. 426.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, **108**, 1931, p. 963; **113**, 1933, p. 1472.



Expérience du 30 *juin* 1942. — Chienne de $11^{kg},500$, anesthésiée par le chloralose (12^{cg} par kg), bivagotomisée au cou, soumise à la respiration artificielle et ayant reçu, pour rendre son sang incoagulable une injection intraveineuse de 115^{mg} de polyanitholsulfonate de sodium. — En 1, 2 et 3 : 1re ligne : temps en secondes. 2e ligne : variations de l'écoulement de la veine fémorale de la patte postérieure gauche enregistrées au moyen d'un compteur de débit du type Condon. 3e ligne : modifications de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. Aux points marqués par la flèche on a injecté dans une ramification de l'artère fémorale une dose de bitartrate d'adrénaline pure de Höchst correspondant à $0^{mg},01$ de base et dissoute dans 1^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium. Entre 1 et 2, l'animal a reçu, dans la même ramification de l'artère fémorale 4^{mg} de chlorhydrate d'ibogaïne dissous dans 2^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium puis 40^{mg} du même chlorhydrate en solution dans 2^{cm^3} du susdit soluté. Entre la fin de 2 et le début de 3, on a laissé s'écouler 5 minutes. Tracés réduits de 1/4.

BIOLOGIE. — *Titrage biologique de la thyroxine et de l'activité thyroxinienne des protéines iodées par dosage de la créatine urinaire.* Note ([1]) de Mme **Simone Blaizot-Guénot** et M. **Jean Blaizot**, présentée par M. Robert Courrier.

La littérature fournit de nombreuses indications relatives à l'action créatinurique de la thyroxine. Mais il ne semble pas que l'aspect quantitatif de cette question ait été jusqu'ici envisagé. Il nous a paru intéressant de l'étudier expérimentalement en recherchant dans quelle mesure la créatinurie pourrait prendre place parmi les méthodes de dosage biologique de la thyroxine. Dans une précédente publication ([2]), nous avons déjà signalé l'existence d'un seuil d'action de la thyroxine sur la créatinurie. Il nous apparaît utile d'apporter aujourd'hui quelques détails complémentaires et de préciser les conditions d'une méthode de dosage.

Nos essais ont porté sur des rats mâles adultes, maintenus à température constante (25°) et recevant un régime synthétique ainsi composé : caséine 30, fécule 50, sucre 15, huile 6, mélange salin 4, extrait de levure 5, eau 200, vitamines A et D sous forme concentrée. Ces conditions sont des plus importantes pour la validité des résultats et pour permettre de les reproduire. Elles éliminent les créatinuries « accessoires » : créatinurie périodique de la femelle et physiologique du jeune, créatinurie des basses températures (hormones du froid), créatinurie d'origine alimentaire, provoquée soit par ingestion de créatine, soit par carence vitaminique (Jacquot). Nous avons dosé quotidiennement la créatine et la créatinine des urines recueillies quantitativement et rapporté toutes les valeurs à 100^g de poids vif.

Dans nos conditions expérimentales, les rats témoins n'éliminent jamais plus de 1^{mg} de créatine par 100 g/24 heures. L'injection sous-cutanée de thyroxine provoque une augmentation de la créatinurie dont le maximum est atteint après 48 heures. Nous retrouvons ici un temps de latence identique à celui qu'avait observé Le Breton dans ses études sur les échanges. Comme le montre la courbe suivante, construite à l'aide de moyennes, il n'y a pas de relation simple entre les doses de thyroxine injectées et le taux de la créatine urinaire.

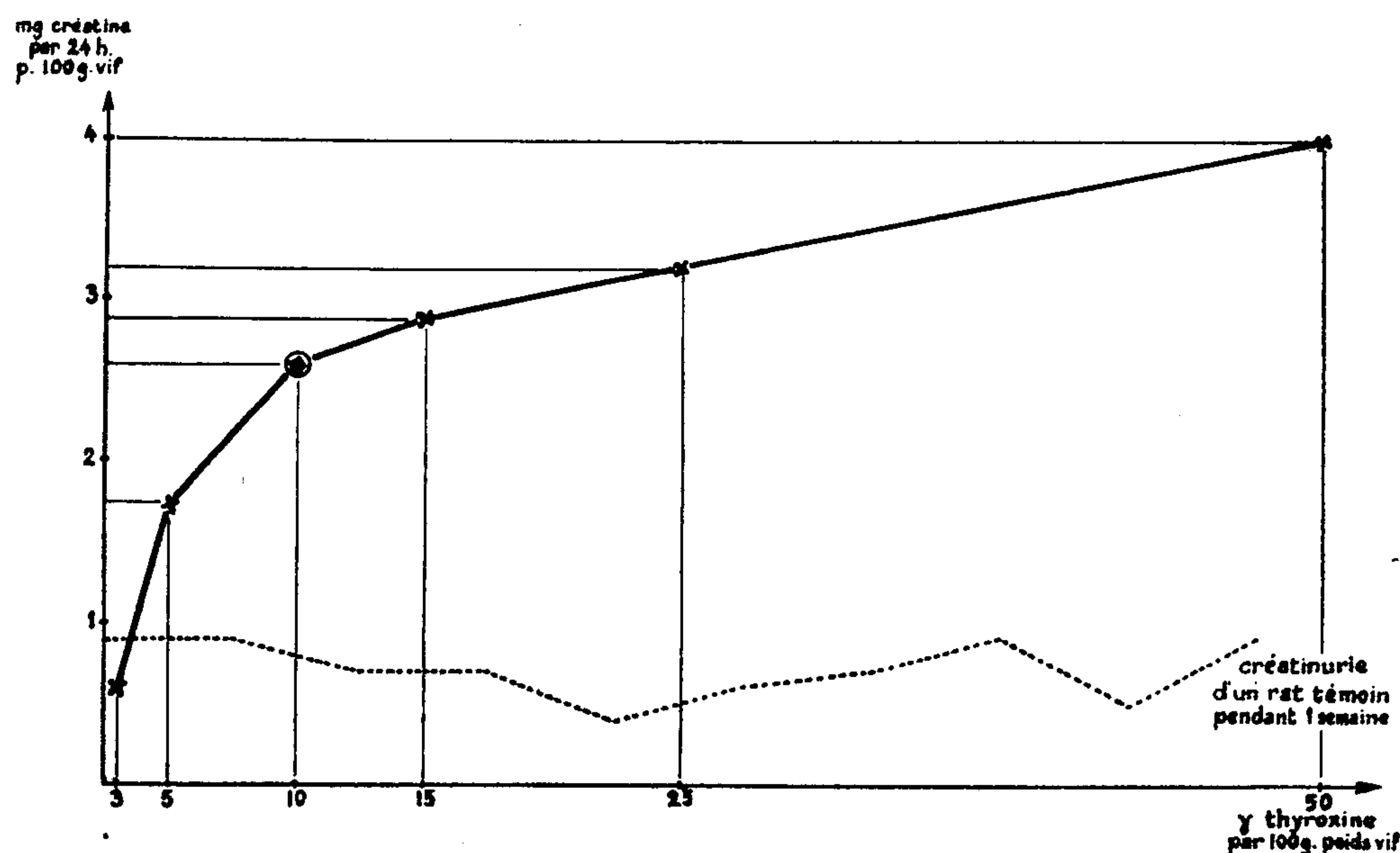
La région de la courbe la plus intéressante en vue d'une application quantitative est celle qui correspond à des injections de thyroxine de l'ordre de 10 γ; cette dose détermine une créatinurie notable (2,5 à $2^{mg},7$) sans surcharge hormonale abusive. Pour des quantités inférieures, le taux de la créatine urinaire demeure trop voisin des valeurs physiologiques pour être significatif. Pour des doses supérieures, la pente de la courbe est trop faible. Nous avons donc admis

([1]) Séance du 21 octobre 1946.

([2]) S. Guénot, *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 1412-1413.

que le seuil d'action de la thyroxine sur la créatine urinaire se situait dans nos conditions expérimentales à 10^{γ} par 100^{g} vif.

Bien qu'arbitrairement délimitée, cette réponse physiologique, vérifiée sur de très nombreux animaux, présente une précision et une constance telles qu'elle peut servir à une estimation quantitative.



Créatinurie expérimentale du rat, en fonction de doses croissantes de thyroxine (injections s/s cutanées)

C'est sur cette base que nous avons titré l'activité thyroxinienne de deux caséines iodées administrées par injection sous-cutanée en solution aqueuse légèrement ammoniacale. Il suffit en effet de déterminer la plus petite quantité de ces produits qui provoque une créatinurie supérieure à 2^{mg}; cette dose renfermera 10^{γ} de thyroxine active. Dans nos essais cette quantité minima s'est établie à $1^{mg},5$ pour un produit et à $0^{mg},75$ pour l'autre. On en déduit que le premier échantillon renferme 0,65 % de thyroxine active et le second 1,3 %. Il convient de noter qu'avec de tels produits la créatinurie n'atteint son maximum qu'au bout de trois jours; ce freinage est peut-être attribuable à la présence de grosses molécules protéiniques.

Parallèlement à nos essais, ces mêmes protéines ont été titrées dans d'autres laboratoires par voie chimique (dosage de l'iode thyroxinien) et par les mesures biologiques classiques telles qu'augmentation des échanges et métamorphose des têtards. Nous aurons prochainement l'occasion de rendre compte des divers résultats et de démontrer la validité de la technique que nous proposons et qui peut ainsi se résumer :

Dans les conditions expérimentales définies ci-dessus, le seuil d'action de la

thyroxine sur la créatinurie s'établit à 10^{γ} par 100^{g} vif, et cette *dose critique* peut servir d'étalon de mesure pour l'activité thyroxinienne. Ce nouveau test a l'avantage de la rapidité, puisqu'il s'agit d'atteindre d'emblée un seuil et non d'établir un palier comme dans les autres méthodes biologiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la purification de l'amylase pancréatique.* Note ([1]) de M. **Nguyen-van-Thoai** et Mme **Bernère-Silhol**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les préparations amylasiques de pancréas les plus actives que l'on ait jusqu'ici obtenues sont, les unes, décrites comme des protéines ([2]), les autres, comme exemptes de celles-ci ([3]). Les premières ont été obtenues par fractionnement à l'alcool et au sulfate d'ammonium, les secondes, par adsorption. Tout récemment K. H. Meyer, E. H. Fischer et P. Bernfeld ont préparé une amylase pancréatique hautement active, homogène à l'électrophorèse, très instable à la conservation et à la dialyse ([4]).

En vue d'étudier les rapports de l'amylase avec les processus de déphosphorylation de l'amidon, nous nous sommes proposé d'isoler cet enzyme à partir du pancréas.

La glande décortiquée, broyée, est extraite pendant une heure à 4°C. par de l'acétone à 25 %, contenant du ClNa 10^{-1}M. Après centrifugation, la solution, amenée à pH 5,3 pour précipiter la majeure partie des globulines, est filtrée, puis traitée par de l'acétone à 65 %. Le précipité est repris par une solution de ClNa 10^{-1}M. Une fois clarifiée, la solution est amenée à nouveau à pH 5,3, centrifugée, traitée par l'acétone à 35 %. Le précipité est éliminé et la solution est enrichie en acétone jusqu'à concentration de 65 %. Après centrifugation, le culot est lavé trois fois à l'acétone et desséché sous vide. Le produit brut obtenu titre environ 20000 unités Shermann ([5]); il conserve son activité durant plusieurs mois.

Pour la purification de l'enzyme, le produit précédent est pulvérisé et dissous dans une solution de ClNa 10^{-1}M. L'extrait est amené à pH 5,3 et centrifugé. Il est précipité par de l'acétone à 56 %, puis à 58 %, enfin à 61 %.

La troisième fraction, comprise entre 58 et 61 % d'acétone, est la plus active (16 millions d'unités Shermann). En présence d'un empois à 2 % d'amidon naturel, en solution au tampon de phosphate 10^{-2}M et de ClNa 10^{-1}M, à 50° C.

([1]) Séance du 28 octobre 1946.

([2]) H. C. Shermann, M. Caldwell et M. Adams, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, **48**, 1926, p. 2947; *Journ. Biol. Chem.*, **88**, 1932, p. 195.

([3]) R. Willstaetter, E. Waldschmidt-Leitz et A. Hesse, *Zeits. physiol. Chem.*, **125**, 1923, p. 132; **126**, 1923, p. 149; **142**, 1924, p. 14; E. Waldschmidt-Leitz et M. Reichel, *ibid.*, **204**, 1932, p. 197.

([4]) *Experientia*, **2**, 1946, p. 362.

([5]) Le produit Shermann titre 3000 unités. A. Purr, in *Methoden der Fermentsforschung de E. Bamann et Myrbäck*, **11**, 1941, p. 1881.

et à pH 6,8, une quantité d'enzyme correspondant à 1^g de N libère 10,721 molécules-grammes de maltose par minute (microdosage selon G. Bertrand). Le produit obtenu est du même ordre d'activité que celui décrit par Meyer, Fischer et Bernfeld.

Il présente toutes les réactions des protéines et contient 15 % d'azote. Il est réducteur à l'iode, mais, contrairement à certaines assertions relatives à la présence de sucre dans l'amylase ([6]), il ne donne aucune réaction positive avec les réactifs ordinaires des oses, avant comme après hydrolyse acide (en présence de SO_4H_2 $2n$ pendant 3 heures).

Il perd environ la moitié de son activité par conservation pendant 16 heures à 4° C., par dialyse à 4° C. ou par incubation durant 15 minutes à 40° C. en présence de solution au tampon de phosphate 10^{-2}M (pH 6,8) et de ClNa 10^{-1}M.

Il est exempt de maltase. Après un contact avec une solution à 2 % de maltose à pH 6,8, on n'observe aucune hydrolyse après 24 heures à 37° C. La préparation est également dépourvue de toute activité phosphatasique. Incubée pendant 1 heure à 40° C. à pH 6,8 ou à pH 8,8, en présence de solution *m*/50 de glycérophosphate de Na, monophénylphosphate de Na, diphénylphosphate de K, pyrophosphate de Na, elle ne libère aucune trace d'acide phosphorique ou de phénol. Elle ne déphosphoryle pas non plus les empois d'amidon naturel de pomme de terre ou de blé.

Son pouvoir peptisant est par contre très élevé. Des empois à 2 % d'amidon naturel, préalablement portés à 40° C., se fluidifient et se clarifient instantanément (par simple retournement du tube à essai), en présence de la solution enzymatique (rapport enzyme-substrat 1/2000). Cette observation est en désaccord avec les travaux selon lesquels la fluidification de l'empois d'amidon est liée à la déphosphorylation de ce dernier sous l'action d'un enzyme spécifique, l'amylophosphatase ([7]).

Conclusions. — Les fractionnements à l'acétone en présence de ClNa ont permis d'obtenir à partir des extraits de pancréas, une préparation amylasique hautement active. Elle se présente comme une protéine exempte de tout constituant glucidique. Elle est exempte de maltase et de toute activité phosphatasique. Son pouvoir peptisant et fluidifiant n'est lié à aucun processus de déphosphorylation.

([6]) R. Ito, *J. Biochem.*, Japan, **23**, 1936, p. 126; Ninomiya, *ibid.*, **31**, 1940, p. 421.

([7]) M. Samec, *Ergebn. d. Enzymfchg*, **9**, 1943, p. 89; F. Waldschmidt-Leitz et K. Mayer, *Zeits. physiol. Chem.*, **236**, 1935, p. 268; E. Waldschmidt-Leitz, M. Samec et K. Mayer, *ibid.*, **250**, 1937, p. 192; K. Mayer et M. K. Mayer, ibid., **267**, 1940, p. 115.

MÉDECINE. — *Recherches expérimentales sur la carence en vitamines du babeurre* (*Avitaminoses* A, C *et* B). Note [1] de MM. **Georges Mouriquand**, **Jacques Rollet** et Mme **Violette Edel**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

Les pédiâtres savent que le babeurre est un excellent *aliment médicament*, notamment contre les gastro-entérites du nourrisson. Il sert fréquemment d'intermédiaire entre la diète hydrique et la réalimentation lactée. Il est dans la plupart des cas bien toléré par les tubes digestifs intolérants au lait ordinaire. C'est cette tolérance, qui, dans certains cas, le fait employer exclusivement pendant plusieurs mois chez des nourrissons dont les troubles digestifs sont à redouter. Or, la prolongation de son emploi peut mettre en relief son caractère d'aliment déséquilibré et carencé. On connaît des cas de xérophtalmie (avitaminose A, Bloch, Mouriquand, R. Clément etc.) et de scorbut (avitaminose C) qui permettent d'affirmer au moins ces deux carences de l'aliment envisagé.

Nous nous sommes demandé si l'expérimentation biologique pourrait, elle aussi, mettre en évidence ces deux carences, ainsi que d'autres, non encore affirmées par les faits cliniques.

Babeurre et xérophtalmie expérimentale (Avitaminose A). — Chez les Rats jeunes soumis au régime classique de l'avitaminose A (contenant : graisse o, glucides 76%, protides 17% etc., 344 calories %), les premiers signes cornéens appréciés au biomicroscope à fente de Gullstrand apparaissent du 15e au 25e jour, et la xérophtalmie clinique du 30e au 35e jour.

Chez les Rats jeunes soumis au régime du riz bouilli, aliment déséquilibré et pluricarencé (azote 2,77, lipides 0,07, glucides 27, calories 119%), les lésions biomicroscopiques apparaissent du 15e au 25e jour, les signes cliniques du 30e au 40e jour.

Des Rats de même âge ont été mis au régime exclusif du babeurre en poudre (lipides 0,12, protides 22, glucides 66 %, 310 calories %). Les signes biomicroscopiques sont apparus chez eux du 25e au 30e jour, la xérophtalmie clinique vers le 40e jour. (Elle a rapidement guéri par l'introduction dans la ration de faibles doses de vitamine A.)

Babeurre et scorbut (avitaminose C). — Des Cobayes jeunes ont été mis à notre régime scorbutique (Mouriquand et Michel), d'autres à ce régime plus 1/4 de babeurre en poudre. Chez les uns et les autres, les manifestations typiques du scorbut sont apparues vers le 14e ou 15e jour, la mort est survenue chez les uns et les autres entre le 27e et le 31e jour. L'autopsie a montré les mêmes lésions scorbutiques (hémorragies musculaires, ramollissement osseux, etc.) chez les témoins aussi bien que chez les Cobayes nourris au babeurre.

---

[1] Séance du 28 octobre 1946.

Nos recherches antérieures ont montré que des doses de 1/10e de milligramme d'acide ascorbique allongeaient de 15 à 20 jours la vie des Cobayes soumis au régime scorbutigène.

La carence du babeurre en vitamine C apparaît donc comme pratiquement totale.

Babeurre et béribéri expérimental (avitaminose B). — Pour apprécier la carence du babeurre en vitamine B (complexe), nous avons mis des Pigeons au régime de 3/4 de riz poli, plus 1/4 de babeurre en poudre. Les uns et les autres ont rapidement présenté une baisse de l'indice chronologique vestibulaire de Bourguignon, et vers le 20e jour des crises convulsives béribériques classiques. Celles-ci ont été rapidement jugulées par l'injection de vitamine B, précisant ainsi leur origine.

Babeurre et autres carences (test de l'épilation). — Nos Rats préadultes (50 à 80^g au départ) ont présenté 8 fois sur 11 vers le 50e jour une importante épilation s'étendant de la tête au dos, à l'abdomen. S'agissait-il d'une épilation relevant de la carence d'autres vitamines du groupe B (acide pantothénique, biotine) ? C'est ce que nous ne saurions dire dans l'état actuel de nos recherches. Fait à retenir, tous nos animaux restant au même régime ont progressivement vu repousser leurs poils en 30 à 40 jours.

En résumé, l'expérimentation comme la clinique mettent en relief la carence du babeurre en vitamines A et C. L'expérimentation met, de plus, en évidence la carence en vitamine B et peut-être en autres vitamines du groupe B.

A 16^{h}5^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h 35^m.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 14 octobre 1946.)

Note de MM. *Hubert Forestier* et *Noël Perbet,* Influence de l'eau adsorbée sur la vitesse de réaction entre l'oxyde de fer (III) et l'oxyde de nickel :

Page 576, lignes 10 et 11 en remontant, *au lieu de* absorbée, *lire* adsorbée.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 13 NOVEMBRE 1946.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Constantin Statescu**, Professeur honoraire à la Faculté des Sciences de Bucarest, Membre du Comité International des Poids et Mesures, qui assiste à la séance.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Variation du méthanol du bois avec l'âge.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Lazare Silberstein**.

Nous avons montré que les proportions d'acide acétique qui existent à l'état de combinaison dans la partie ligneuse des arbres de nos bois et de nos forêts varient avec le degré de développement de la partie considérée. En comparant le bois des jeunes rameaux à celui des rameaux plus âgés, puis des branches de plus en plus grosses et enfin du tronc, on trouve que, d'une manière générale, la proportion de l'acide acétique est maxima au début de l'apparition de l'organe et diminue progressivement dans la suite. La variation peut atteindre environ 20 % lorsqu'on passe d'un bois de première année à celui du tronc, dans lequel elle ne change pratiquement plus ([1]).

Nous avons cherché si le méthanol ou alcool méthylique, engagé également à l'état de combinaison dans les tissus lignifiés ([2]) et qui se sépare en même temps que l'acide acétique par hydrolyse, ne varierait pas aussi avec l'âge. Nous étions d'autant plus incités à faire cette recherche que dans la supposition, vraisemblable mais pas encore démontrée exacte par une expérience chimique directe, de l'ingérence des composés pectiques dans l'édification des membranes cellulaires lignifiées, la connaissance qualitative et quantitative des combinaisons aisément hydrolysables du méthanol apparaît plus importante que celle de l'acide acétique.

Pour atteindre le but indiqué nous avons examiné les mêmes espèces végétales que dans le travail précédent, soit deux Gymnospermes : l'Épicéa et le Pin

---

([1]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 833.
([2]) *Ibid.*, **210**, 1940, p. 773.

maritime, et deux Angiospermes, le Hêtre et le Chêne rouvre. Les échantillons des différentes parties, rameaux, branches et tronc, prélevés pour les analyses, provenaient des mêmes arbres de notre collection que ceux ayant servi aux dosages de l'acide acétique et avaient été préparés exactement de la même manière.

Le méthanol a été libéré par hydrolyse avec de l'eau de baryte, séparé par distillation et transformé en aldéhyde formique, et celui-ci dosé colorimétriquement à l'aide du réactif de Schiff. Ajoutons qu'à cette occasion nous avons amélioré encore la méthode qui avait été décrite par l'un de nous en collaboration avec G. Brooks ([3]), ce qui nous a permis d'opérer avec une plus grande précision et sur des quantités de méthanol plus petites ([4]).

Dans le tableau ci-dessous, où se trouvent rassemblés les résultats obtenus, le degré de développement est exprimé par le diamètre de l'organe encore muni de son écorce; l'appellation *petits rameaux* désigne un mélange de rameaux d'une, deux et trois années, celle de *gros rameaux* un mélange de rameaux de quatre et cinq années. Il reste entendu que les analyses ont porté sur le bois seul.

		Diam. moyen (cm).	Méthanol (%).
	Gymnospermes.		
Épicéa :	petits rameaux.....	0,4	0,32
	gros rameaux.....	0,9	0,28
	branche...........	2,1	0,28
	tronc.............	16-17	0,23
Pin maritime :	petits rameaux.....	0,4	0,39
	gros rameaux.....	1	0,35
	branche...........	2,5	0,32
	tronc.............	18,5 à 19,1	0,24
	Angiospermes.		
Hêtre :	petits rameaux.....	0,4	0,31
	gros rameaux.....	1,2	0,27
	branche...........	3	0,25
	tronc.............	25,5	0,22
Chêne rouvre :	petits rameaux.....	0,4	0,28
	gros rameaux.....	1	0,22
	branche...........	3,1	0,20
	tronc.............	17,2 à 18,7	0,15

Ces résultats mettent nettement en évidence que la teneur du bois en méthanol aisément séparable par hydrolyse diminue avec l'âge. Cette diminution est même plus marquée que pour l'acide acétique; elle atteint environ 30 % dans l'Épicéa et le Hêtre, 38 % dans le Pin et 46 % dans le Chêne rouvre.

([3]) *Ann. agron.*, **10**, n° 3, 1940, p. 349.

([4]) La nouvelle technique paraîtra dans une autre publication.

Nous ferons remarquer que de telles proportions, correspondant à plusieurs dizaines de litres par tonne de matière ligneuse, sont intéressantes à considérer au point de vue de l'utilisation chimique industrielle des petits bois.

BOTANIQUE. — *Le* Sata mbwanda *racine stimulante et aphrodisiaque employée par les Noirs du Gabon et son identification botanique.* Note (¹) de M. **Auguste Chevalier.**

Il y a quelques mois M. A. Walker nous envoyait de Fernan-Vaz, au Gabon, une drogue formée de petites bûches de racines dont la râpure est utilisée par les Noirs de la région comme aphrodisiaque. On mastique aussi les billettes pour chasser le sommeil, notamment pendant les nuits consacrées au tamtam et à la danse. A haute dose, ce produit, qu'on emploie parfois avec l'Iboga, peut produire des troubles cérébraux (A. Walker). La drogue est connue des Nkomi sous le nom de *Sata mbwanda.*

Les racines étaient accompagnées de spécimens botaniques qui nous ont permis d'en faire l'identification. Le premier envoi et les suivants nous ont fourni des rameaux avec fleurs et fruits appartenant à deux espèces du genre *Mostuea* de la famille des Loganiacées.

L'écorce râpée, quand on la mouille, prend à l'air une teinte ocracée. Mâchée, elle a une saveur amère et produit une sensation analogue à celle qu'on perçoit quand on mâche une noix de Kola fraîche et l'on éprouve ensuite comme avec la Kola une sensation d'euphorie.

Il est probable que l'étude biochimique et physiologique du *Sata mbwanda* révélera l'existence dans son écorce de quelque alcaloïde, ce qui n'aurait rien de surprenant puisqu'il appartient à la famille des Loganiacées qui renferme les genres *Strychnos, Gelsemium* et *Spigelia,* dans lesquels on a trouvé, suivant les espèces, de la loganine, de la strychnine, du curare, de la gelsemine, de la spigeline.

Le genre *Mostuea* Didr. a été décrit en 1853; il appartient à la tribu des Gelsémiées et diffère des *Gelsemium* Juss. surtout par la capsule très aplatie et émarginée en cœur et une ou deux petites graines lenticulaires dans chacune des deux loges.

Le genre *Mostuea,* qui comprend déjà plus de trente espèces décrites, est spécial à l'Afrique tropicale et à Madagascar, sauf deux espèces signalées en Amérique tropicale, l'une en Guyane (*M. surinamensis* Benth.) et une autre au Brésil (*M. brasiliensis* Huber in Ducke) et qui ont peut-être été apportées par les Noirs à l'époque de la traite.

Tous les *Mostuea* sont de petits arbustes hauts de 20 cm à 2 m au maximum,

(¹) Séance du 4 novembre 1946.

très ramifiés, à fleurs en petites cymes ou en fascicules axillaires ou terminaux, parfois isolées à l'aisselle des feuilles.

Le genre se divise en deux sections :

les *Eumostuea* Baker à fleurs en petites cymes ou isolées, non cachées par des bractées;

les *Coinochlamys* (Anders.), décrits d'abord par T. Anderson comme des Acanthacées, sont remarquables par deux larges bractées plus ou moins soudées sur les bords et qui enveloppent et cachent les petites inflorescences.

Dans la section *Coinochlamys* se place le *Mostuea gabonica* Baillon, espèce bien connue décrite depuis 1876, rencontrée d'abord par Duparquet à Loango et retrouvée plus tard à Libreville par M. Klaine. C'est à elle que se rattachent les premiers spécimens de *Sata mbwanda* qui nous furent envoyés par M. Walker de Fernan-Vaz.

Les nouveaux échantillons que nous avons reçus se rattachent à une espèce nouvelle que nous nommons :

Mostuea (Eumostuea) *stimulans* sp. nov., qui diffère de toutes les espèces connues par les petites feuilles ovales de $2^{cm},5$ à 4^{cm} de long, $1^{cm},5$ à $2^{cm},5$ de large, *toutes hérissées de longs poils fauves sur les deux faces;* fleurs *solitaires* à l'aisselle des feuilles à sépales linéaires sétacés; *fruits cordiformes aplatis également parsemés de longs poils fauves.*

La drogue se présente sous forme de racines longues de 15 à 25^{cm}, plus ou moins ramifiées et se terminant par des radicelles filiformes. La partie la plus grosse est constituée par de petits bâtonnets de la grosseur d'un crayon de 5^{mm} de diamètre, parfois tirebouchonnés, allant en s'atténuant vers l'extrémité et se terminant par des radicelles grêles. L'écorce est mince (1^{mm} à $1^{mm},5$) et très adhérente. Écorce externe d'un gris brun, ridée longitudinalement. Écorce interne visible quand on râpe l'externe, d'un gris blanchâtre. Au contact de l'eau elle prend une teinte blanc ocracé ou légèrement rosé. Mâchée ou réduite en poudre et mise dans la bouche, on lui trouve d'abord une saveur très amère, puis elle fait saliver et prend une saveur qui rappelle la noix de Kola mâchée. Elle cause à partir de ce moment une certaine euphorie et si la quantité absorbée est un peu forte on ressent une sorte d'ivresse.

« Cette racine, nous écrit M. A. Walker, est considérée au Gabon comme un aphrodisiaque puissant dont les effets seraient comparables à ceux du Nyéko (*Schumanniophyton Klaineanum* Pierre). D'autre part, on affirme que son action serait plus grande que celle de l'Iboga. Des Noirs mastiquent les racines elles-mêmes et les râpures uniquement pour chasser le sommeil. Mais le plus grand nombre les consomment seules ou en mélange avec l'Iboga dans leurs danses pour l'excitation génésique qu'elles provoquent. L'usage exagéré de cette drogue peut amener des troubles cérébraux. »

Noms indigènes : *Sata mbwanda* (nkomi, orungu, galoa, ngowé); *Sotè-*

Mwanda (eshira, bavungu, bapumu), *Sété mbwundè* (bakolé), *Kanga-Tombé* ou *Sènda mbwanda* (fang ?).

Nous pensons que des études chimiques ultérieures et des essais physiologiques permettront de préciser les propriétés de la nouvelle drogue.

Ajoutons en terminant que les Noirs du Gabon possèdent d'autres plantes qui leur fournissent aussi des produits stimulants, en particulier le *Tabernanthe Iboga*, le *Pausinystalia Yohimbe*, le *Strychnos Icaja*, employé surtout comme poison d'épreuve. On sait le rôle important que jouent déjà dans la thérapeutique l'Iboga, le Yohimba et certains *Strychnos*. M. Lapicque remarquait récemment, à propos des *Strychnos à curare*, qu'il serait très désirable d'obtenir directement le produit à curare sans passer par les préparations hasardeuses des sauvages. Il en va de même pour les racines et écorces stimulantes des Noirs d'Afrique. Il n'y a à notre avis qu'une solution : c'est de soumettre à la culture les plantes productrices et de sélectionner des clones riches en substances actives que l'on pourrait doser, et l'on saurait ainsi à l'avance la composition de la drogue à livrer à la pharmacopée. Il est permis de penser que le *Mostuea stimulans* mis en culture donnerait aussi des produits dont les propriétés seraient plus faciles à étudier. A notre avis l'avenir de l'utilisation des produits végétaux stimulants à caractères toxiques est dans la culture des plantes productrices.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Theodore de Kármán** et Sir **Geoffrey Ingram Taylor** sont élus Correspondants pour la Section de Mécanique en remplacement de MM. *A. E. H. Love*, décédé, et *Jules Haag*, élu Membre non résidant, et M. **Dimitri Nicolaïevitch Prianichnikov** est élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale en remplacement de M. *Édouard Imbeaux*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Éphémérides nautiques ou extrait de la Connaissance des Temps pour l'an* 1947. Ouvrage publié par le Bureau des Longitudes spécialement à l'usage des marins.

2° Joaquin Viñas Espin. *Contribution à la connaissance de l'Avitaminose C chez l'Homme*.

3° I. O. Brod. *Geological terminology in classification of oil and gas accumulations. — On the principal structural elements and possible future oil and gas resources of the southern border of the european part of the U.S.S.R.*

4° *Cinquantenaire de la mort de Louis Pasteur*. 18-25 *novembre* 1946. *Programme du Congrès des sciences pastoriennes et des manifestations et cérémonies.*

TOPOLOGIE. — *Remarques sur les réseaux cubiques de classe 3 associés au problème des 4 couleurs.* Note ([1]) de M. **Léopold Vigneron**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans une précédente Note ([2]) nous avons défini la méthode de combinaison dont nous ferons usage dans les démonstrations ci-dessous.

Nous appellerons α, β et γ les couleurs des chemins aboutissant à un même nœud. On sait qu'on peut affecter l'indice $+1$ à tout nœud où les chemins sont rencontrés dans l'ordre $\alpha\beta\gamma$ en tournant dans le sens positif. L'indice sera -1 si on les rencontre dans l'ordre $\alpha\gamma\beta$. Étant donnée une région, on sait que les indices des nœuds situés sur sa frontière ont une somme congrue à zéro (module 3) ([3]).

A. *La somme des indices de Heawood des nœuds situés sur un anneau de Tait est congrue à zéro* (module 4). — On sait que les chemins $\alpha\beta$ d'un réseau cubique de classe 3 se groupent en un certain nombre de contours fermés S_1, S_2, S_3, ... appelés anneaux de Tait.

Considérons un réseau dégénéré formé de courbes fermées de couleur β applicables sur S_2, S_3, ... Combinons-le avec le réseau primitif : en dehors du circuit S_1 dont les nœuds ont été inaltérés, il ne reste que des chemins de couleur γ, tous les nœuds situés précédemment sur S_2, S_3, ... ont disparu.

Il revient au même d'étudier les nœuds de l'anneau de Tait S_1 dans le réseau primitif ou dans le combinat. Celui-ci est plus simple : c'est un réseau cerclé n'ayant qu'un anneau $\alpha\beta$: S_1. Tout chemin γ de ce réseau aura ses deux extrémités sur S_1.

Une au moins des régions intérieures à S_1 aura sa frontière formée d'un arc AB d'un seul tenant faisant partie de S_1 et d'un chemin AB de couleur γ qui est une corde de S_1. Combinons encore au réseau déjà simplifié un réseau dégénéré formé d'une courbe de couleur γ suivant la frontière de la région considérée; A et B perdent leur qualité de nœud, les autres nœuds d'un des arcs AB changent de signe. On constate que si la région a un nombre impair de côtés, la somme des indices de Heawood *a varié de* $+4$ *ou de* -4. Si la région a un nombre pair de côtés, la somme des indices n'a pas varié.

Recommençons autant de fois qu'il sera nécessaire, à l'intérieur puis à l'extérieur de S_1. Finalement S_1 sera devenue une courbe fermée unicolore sans nœuds, tous les segments γ ayant été effacés l'un après l'autre. La somme des

---

([1]) Séance du 28 octobre 1946.

([2]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 705.

([3]) A. Errera, *Thèse*, Paris, 1921; *Periodico di Matematiche*, janvier 1927; A. Sainte-Laguë, *Mémorial des sciences mathématiques*, N° 18 : *les Réseaux ou graphes*, et N° 41 : *Géométrie de situation et jeux*.

indices est nulle. La somme des indices des nœuds de S_1 à l'origine était donc congrue à zéro (module 4).

B. *La somme des indices de Heawood des nœuds d'un réseau cubique de classe* 3 *est congrue à zéro* (*module* 4). — La somme de S_1 est congrue à zéro (module 4), on vient de le voir. Il en est de même pour S_2, S_3, ..., etc. Comme les nœuds de l'ensemble du réseau appartiennent tous à l'un des anneaux S_1, S_2, ..., et n'appartiennent pas à deux à la fois, en faisant la somme des indices par anneau, puis en sommant le tout, on constate l'exactitude de la proposition annoncée.

Appelons n_i les indices de Heawood; on connaissait déjà les relations suivantes :

Somme des n_i congrue à zéro (*module* 3) pour la frontière d'une région : soit un système d'équations en nombre égal au nombre des régions. Une des équations étant une combinaison linéaire des autres.

Il convient de remarquer que la nouvelle équation démontrée est d'un type différent.

C. *Soient deux colorations tricolores d'un même réseau telles que leurs sommes d'indices de Heawood* (pour l'ensemble du réseau) *diffèrent de* $4(2h+1)$, *on peut affirmer que ces deux colorations n'appartiennent pas au même groupe de Kempe.* — Quand on essaie d'étudier les colorations avec quatre couleurs des cartes de régions, on est conduit à essayer d'échanger les couleurs A-B des régions comprises dans une zone limitée par un ou plusieurs anneaux de Tait. Ceci revient à inverser les couleurs $\alpha\beta$ des chemins le long d'un ou plusieurs anneaux de Tait (donc à changer en bloc les signes des indices de ces anneaux). Ayant inversé des chaînes $\alpha\beta$, on peut inverser des chaînes $\beta\gamma$ etc. On finit par avoir des coloriages très différents de celui dont on est parti, mais appartenant au même groupe de Kempe.

Toutes ces opérations *n'ont fait varier la somme des indices que d'un nombre de la forme* $8p+8q+8t=4(2k)$, p, q, ... étant des entiers, ou étant nuls.

Il faudrait cependant se garder de conclure dans le cas où les sommes diffèrent de $8k$ et d'affirmer que les colorations appartiennent certainement au même groupe de Kempe. C'est ainsi que si nous considérons le dodécaèdre régulier (12 pentagones), il y a 10 colorations distinctes (aux permutations circulaires $\alpha\beta\gamma$ près); 5 ont une somme $+12$, 5 ont une somme -12. Il est pourtant impossible de passer de l'une à l'autre par des échanges de couleurs $\alpha\beta$ etc. le long des circuits de Tait.

Mais considérons le réseau ainsi formé : accolons un pentagone et un quadrilatère par une de leurs faces, traçons un pentagone qui entoure le tout et traçons 5 chemins pour relier les nœuds. C'est une carte de 8 régions sur la sphère. Une discussion simple montre qu'il y a 3 colorations possibles (à des permutations circulaires près). Les sommes des indices sont 4, 0, 0.

Ici on peut *conclure* que la première coloration n'appartient pas au même groupe de Kempe que les 2 autres. On ne peut rien affirmer sur celles-ci (qui, en fait, sont bien du même groupe).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Problème de Dirichlet et surfaces minima dans l'espace de Hilbert.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Émile Borel.

1. Dans l'espace euclidien à n dimensions, il existe entre les surfaces à courbure moyenne de signe constant et les surfaces minima une relation analogue à celle qui existe entre les fonctions sous-harmoniques et les fonctions harmoniques. Ainsi, soit S une surface fermée, *convexe en moyenne*, entourant un volume V; soit C un contour divisant S en deux parties S' et S''; la surface minima Σ limitée à C est entièrement intérieure à V, et si C, par une déformation continue, balaye S une fois et une seule, Σ balaye de même V une fois et une seule.

La démonstration est immédiate; en partant de S' (ou S''), on peut définir une suite de surfaces minimisantes, tendant vers Σ, et dont chacune, déduite de la précédente par une déformation locale, est située du côté de sa concavité moyenne.

Ce résultat donne une base précise à la notion du *plus petit corps convexe en moyenne* K(S) contenant une surface ou un ensemble S; c'est le lieu des points qui ne peuvent pas être séparés de S par une surface minima. Si S est une variété à $n-3$ (ou moins de $n-3$) dimensions, K(S) se réduit à S.

2. Considérons l'espace de Hilbert, rapporté à des axes rangés dans un ordre déterminé. Soit E_n le plan des n premiers axes. Soit S une surface fermée, entourant un volume V, convexe en moyenne. Nous entendons par là qu'en chaque point A (sauf peut-être en certains points exceptionnels) on peut déterminer un nombre positif k tel que, pour n assez grand, la section de S par le plan passant par A et parallèle à E_n ait sa courbure moyenne (*moyenne* des courbures relatives à $n-1$ directions rectangulaires, comptées positivement vers l'intérieur) supérieure à k.

Supposons S divisé par une courbe C en deux régions S' et S''. Soit $\varphi(M)$ une fonction définie sur S, uniformément continue, nulle sur C, négative dans S', positive dans S'', et à module borné inférieurement sur toute portion de S dont la distance à C est bornée inférieurement.

Considérons maintenant la section de la figure par le plan E_n. Désignons par V_n, S_n, S'_n, S''_n, C_n les sections de V, S, S', S'', C; par $\Sigma_n(\alpha)$ la surface lieu des points de V_n, d'où S'_n et S''_n sont vus sous des angles solides dont le rapport est α; par Σ'_n la surface minima limitée à C_n; par U_n le potentiel dû à une double couche de densité $\varphi(M)$ étalée sur S_n; par U'_n la fonction harmonique

dans V_n égale à $\varphi(M)$ sur la surface S_n; enfin par Ω_n et Ω'_n les surfaces respectivement définies dans V_n par $U_n = 0$ et par $U'_n = 0$.

THÉORÈME. — *Quand n augmente indéfiniment, les surfaces $\Sigma_n(\alpha)$* (quel que soit α indépendant de n), *Σ'_n, Ω_n et Ω'_n deviennent de moins en moins différentes les unes des autres* (c'est-à-dire que, si D est une droite fixe de l'espace de Hilbert, entourée par C, et qui appartienne à E_n pour n assez grand, ces surfaces la coupent en des points $A_n(\alpha)$, A'_n, B_n, B'_n, dont les distances tendent vers zéro) (¹).

Il peut arriver que Σ'_n tende vers une surface limite Σ, qui est alors dans l'espace de Hilbert la surface minima limitée à C. Alors $\Sigma_n(\alpha)$, Ω_n et Ω'_n tendent aussi vers Σ. Nous avons étudié autrefois ce cas dans nos *Leçons d'analyse fonctionnelle* (1922), et mis en évidence que le problème de Plateau (détermination de Σ'_n) et le problème de Dirichlet (détermination de U'_n, donc de Ω'_n) se confondent dans l'espace de Hilbert, et se ramènent aussi à des problèmes qui, dans E_n, seraient plus élémentaires [détermination de $\Sigma_n(1)$, ou de U_n]. Mais l'hypothèse que la surface Σ existe est assez restrictive, et la portée des résultats obtenus n'apparaît que par le théorème ci-dessus où, sans préjuger de l'existence d'une limite, on montre qu'il s'agit de résultats approchés, relatifs à la section de la figure par E_n, et d'autant plus exacts que n est plus grand.

Nous pensons développer prochainement ces remarques dans une nouvelle édition de l'Ouvrage cité, et montrer que l'ensemble des idées exposées dans cet ouvrage (p. 375 à 420), notamment celles relatives au problème de Dirichlet ne comportant des données que sur une surface ouverte, peuvent être précisées comme nous venons de l'indiquer dans le cas des surfaces fermées.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un théorème de M. Obrechkoff.* Note de M. **Jacques Dufresnoy**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $f(x)$ une fonction définie, ainsi que ses n premières dérivées, pour $x > x_0$. Si l'intégrale

$$\int^{+\infty} t^{n-1} f^{(n)}(t)\,dt \tag{1}$$

est convergente (¹), *on a*

$$f(x) = a_{n-1}x^{n-1} + a_{n-2}x^{n-2} + \ldots + a_1 x + a_0 + \frac{(-1)^n}{(n-1)!}\int_0^{+\infty} u^{n-1} f^{(n)}(u+x)\,du, \tag{2}$$

(¹) Toutefois certaines restrictions relatives au contour C sont peut-être nécessaires. Il faut en tout cas exclure les courbes remplissant des aires, et peut-être aussi des courbes remplissant *presque* des aires. Notre démonstration introduit des conditions restrictives, mais non essentielles, dont nous nous débarrassons ensuite; mais nous n'avons pas pu préciser exactement les limites de cette extension.

(¹) La convergence absolue n'est pas indispensable.

les a_p étant des constantes et la dernière intégrale (qui est toujours convergente dans les hypothèses faites) *tendant vers zéro lorsque x tend vers $+\infty$.*

En appliquant le second théorème de la moyenne, on déduit de (1) que, si p est une constante positive, l'intégrale

$$\int^{+\infty} t^{n-p-1} f^{(n)}(t)\,dt$$

est convergente et que

$$x^p \int_x^{+\infty} t^{n-p-1} f^{(n)}(t)\,dt$$

tend vers zéro quand x tend vers $+\infty$. En particulier, $f^{(n-1)}(+\infty)$ existe et $x^{n-1}[f^{(n-1)}(x)-f^{(n-1)}(+\infty)]$ tend vers zéro.

Il résulte de cette remarque que l'intégrale

$$\int_0^{+\infty} u^{n-1} f^{(n)}(u+x)\,du = \int_x^{+\infty} (t-x)^{n-1} f^{(n)}(t)\,dt$$

est convergente et tend vers zéro quand x tend vers $+\infty$.

D'autre part, l'intégration par parties donne

$$\int_0^{+\infty} u^{n-1} f^{(n)}(u+x)\,du = -(n-1)\int_0^{+\infty} u^{n-2} f_1^{(n-1)}(u+x)\,du,$$

si nous posons $f^{(n-1)}(+\infty)=(n-1)!\,a_{n-1}$ et $f_1(t)=f(t)-a_{n-1}x^{n-1}$. Ceci nous prouve la convergence de la dernière intégrale sur laquelle nous pouvons recommencer le même raisonnement. Nous poserons $f_1^{(n-2)}(+\infty)=(n-2)!\,a_{n-2}$ et $f_2(t)=f_1(t)-a_{n-2}x^{n-2}$, et ainsi de suite. Il viendra finalement

$$\int_0^{+\infty} u^{n-1} f^{(n)}(u+x)\,du = (-1)^n (n-1)!\,f_n(x),$$

qui n'est autre que la relation (2).

On a établi, en outre, au cours de cette démonstration que *la fonction*

$$\varphi(x)=f(x)-(a_{n-1}x^{n-1}+a_{n-2}x^{n-2}+\ldots+a_1x+a_0)$$

tend vers zéro quand x tend vers $+\infty$, qu'*il en est de même des expressions*

$$x^p\varphi^{(p)}(x) \quad (p=1, 2, \ldots, n-1)$$

et que *les intégrales*

$$\int^{+\infty} t^{p-1}\varphi^{(p)}(t)\,dt \quad (p=1, 2, \ldots, n-1)$$

sont convergentes.

Notre résultat est une extension d'un théorème de M. Obrechkoff [2]. Soit,

---

[2] *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 370.

en effet, une fonction $f(x)$ définie, ainsi que ses n premières dérivées, pour $x > x_0$ et telle que l'intégrale

$$\int^{+\infty} t^{n-m-1} f^{n}(t)\, dt$$

soit convergente (la convergence absolue, supposée par M. Obrechkoff, n'est pas indispensable) pour une valeur de l'entier $m < n$. Dans ces conditions,

$$f^{m}(x) = a_{n-m-1} x^{n-m-1} + a_{n-m-2} x^{n-m-2} + \ldots + a_1 x + a_0 + \frac{(-1)^{n-m}}{(n-m-1)!} \int_0^{+\infty} u^{n-m-1} f^{n}(u+x)\, du.$$

Si, de plus, le nombre fini A est l'*une* des valeurs limites de $f(x)/x^m$ quand x tend vers $+\infty$, $m!$ A est l'une des valeurs limites de $f^{(m)}(x)$; il en résulte que

$$f^{m}(x) = m!\,A + \frac{(-1)^{n-m}}{(n-m-1)!} \int_0^{+\infty} u^{n-m-1} f^{n}(u+x)\, du.$$

C'est la relation fondamentale de la Note citée.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la genèse du tourbillon dans les fluides homogènes ou non, notamment à la traversée d'une onde de choc.* Note [1] de M. **Georges Darrieus**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Bjerknes, en généralisant le théorème d'Helmholtz sur la conservation du tourbillon, a démontré que toutes les fois que le volume spécifique σ n'est plus fonction de la seule pression p, la dérivée par rapport au temps de la circulation Γ le long d'un contour fluide fermé n'est plus nulle, mais égale à l'intégrale, sur une surface quelconque limitée à ce contour, du produit vectoriel [grad σ, grad p]. Un tel état *barocline* peut résulter de la coexistence de portions du fluide différant, soit par leur nature (eau et mercure), soit simplement, comme en météorologie, par leur état initial (masses d'air chaudes ou froides, d'entropie différente).

Lorsque le contour est tout entier contenu dans un fluide de même nature d'ailleurs quelconque, dont l'état thermodynamique ne dépend que de deux variables p, σ ou T, S, le principe de l'équivalence pour un cycle fermé permet de remplacer l'intégrale ci-dessus ou $-\int \sigma\, dp$ par celle égale $\int T\, dS$ étendue au même contour, qui représente le travail effectué par l'unité de masse évoluant le long d'un cycle fictif réversible dont les états successifs correspondraient à ceux réalisés le long du contour.

D'une manière plus précise l'existence d'une fonction d'état, l'enthalpie,

---

[1] Séance du 28 octobre 1946.

dont la différentielle exacte est

$$dH = \sigma\, dp + T\, dS,$$

permet d'écrire en tout point

$$\operatorname{grad} H = \sigma \operatorname{grad} p + T \operatorname{grad} S,$$

d'où, en vertu de l'équation d'Euler en régime permanent qui s'écrit

$$-\frac{\partial v}{\partial t} - [v, \operatorname{rot} v] + \frac{1}{2}\operatorname{grad} v^2 = -\sigma \operatorname{grad} p,$$

$$-[v, \operatorname{rot} v] = -\operatorname{grad}\left(H + \frac{v^2}{2}\right) + T \operatorname{grad} S.$$

Dans le cas très fréquent où le fluide part d'un même état générateur homogène de température absolue T_i et où les divers filets du régime permanent n'échangent entre eux ni travail ni chaleur, ce qui revient à négliger la viscosité et la conductibilité calorifique, sauf dans la structure des ondes de choc à l'intérieur desquelles ces facteurs déterminent des échanges très intenses, mais limités au domaine propre de chaque filet, l'énergie $H + (v^2/2)$ (égale à CT pour un fluide parfait, où C est la chaleur spécifique à pression constante) est constante dans tout le champ, de sorte que son gradient s'annule. L'application à un circuit fluide traversé par une onde de choc [et valable en ce cas même en régime non permanent grâce à la continuité de $H + (v^2/2)$ et des composantes tangentielles de la vitesse à la traversée de l'onde] redonne très simplement le résultat déjà établi implicitement par M. Hadamard (*Leçons sur la propagation des ondes et les équations de l'hydrodynamique*, Paris, 1903, note III, p. 362), à savoir que le tourbillon développé dans le plan de l'onde, dirigé suivant les lignes d'égal saut d'entropie, est égal au produit du gradient de ce saut projeté sur la surface, par la température absolue.

La simple égalité établie ci-dessus entre le débit de tourbillon $-[v, \operatorname{rot} v]$ et le produit $T \operatorname{grad} S$ n'est valable que si les fonctions thermodynamiques, énergie, enthalpie, énergie libre etc., ne dépendent que de deux variables telles que σ et S, qui figurent dans l'équation caractéristique, ce qui est le cas d'une substance unique ou à un seul constituant. Dans le cas général où le fluide se compose de parties hétérogènes ou comporte plusieurs phases distinctes juxtaposées, la considération des variations de concentration dx_1, dx_2, ... des constituants indépendants, ainsi que des potentiels thermodynamiques h_1, h_2, ... correspondants, permet de rétablir sous la forme

$$dH = \sigma\, dp + T\, dS + h_1\, dx_1 + h_2\, dx_2 + \ldots$$

le caractère de différentielle totale exacte de la fonction H, et permettrait ainsi de remplacer l'intégrale $-\int \sigma\, dp$ étendue à un contour par celle $\int T\, dS + \Sigma h\, dx$, étendue au même contour, que ce contour passe ou non à travers plusieurs

phases distinctes du fluide et que les états successifs ainsi rencontrés correspondent ou non à un équilibre thermodynamique (égalité des potentiels chimiques à la traversée des surfaces de séparation), car les raisonnements qui précèdent ne font entrer en considération qu'une transformation réversible idéale reliant ces divers états. L'évocation des réactions nucléaires permettrait même, au moins en principe, d'étendre ces considérations thermodynamiques, non plus seulement aux cas ordinaires de dissociation, mais à tous échanges, réalisables seulement par transmutation, entre fluides contigus quelconques, tels que l'eau et le mercure.

Toutefois l'expression la plus simple et la plus générale du théorème sur la variation de la circulation demeure celle donnée par Bjerknes.

En terminant nous soulignerons la corrélation, encore à certains égards si mystérieuse, qui se laisse pressentir une fois de plus ici, entre l'intégrale d'entropie ou celle d'action qui lui est apparentée, d'une part, et le moment cinétique, le tourbillon ou la circulation d'autre part.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la détermination d'un barrage déversoir de finesse et de débit donnés.* Note [1] de MM. **Joseph Bourot** et **Henri Poncin**, présentée par M. Henri Villat.

Le problème de la détermination d'un barrage déversoir se pose généralement de la façon suivante [2] :

1° Le seuil déversant étant arasé à une cote H, pour une hauteur d'eau correspondant à un plan amont à la cote H', le déversement doit pouvoir s'effectuer sans dommage pour le barrage proprement dit.

2° Sous une charge donnée, le déversoir doit permettre d'évacuer un débit total donné.

3° Sous cette même charge, la lame déversante ne doit jamais décoller du parement aval du barrage, quelle que soit l'ouverture des vannes.

D'autre part, L. Escande a attiré l'attention sur l'intérêt que présente la finesse du profil, non seulement pour la quantité de matériaux à mettre en œuvre dans sa construction, mais aussi à cause de ses relations avec le coefficient de débit.

Nous nous sommes proposé d'appliquer à ces problèmes la méthode de prolongement analytique établie par l'un de nous [3]. Dans ces études de déversement, le prolongement sera effectué à partir de la condition de Bernouilli, en prenant comme constituant fondamental du plan le profil libre de la lame déversante.

---

(1) Séance du 23 juin 1945.

(2) Cf. Escande, *Barrages*, Paris.

(3) H. Poncin, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 341.

Une Note précédente ([4]) a montré comment on pouvait obtenir une représentation analytique du constituant fondamental. A cette représentation est associée une symétrie analytique, qui fait correspondre, à tout point M d'affixe Z dans le plan de l'écoulement, un point M′ d'affixe Z′. Soit Z″ la quantité complexe conjuguée de Z′. On démontre que le prolongement analytique se traduit par la condition

$$dF^2 = C + ig(Z - Z'')\,dZ\,dZ'' \tag{1}$$

valable dans toute la région irrotationnelle de l'écoulement (F désigne suivant l'usage le potentiel complexe).

Si $\rho\, e^{i\theta}(\lambda + i\mu)$ désigne l'homologue de $x + iy$ dans l'hodographe complexe de l'écoulement, il résulte de (1) que la correspondance entre la lame déversante (M) et son hodographe complexe est définie par les formules

$$\rho = \sqrt{2g\frac{r_1 r'}{r_2}}, \qquad \theta = \frac{1}{2}(\omega' - \omega_1 + \omega_2), \tag{2}$$

dans lesquelles les grandeurs r_1, r_2, r', ω_1, ω_2 et ω' sont définies en fonction des paramètres K, A, B, a, α et β de la représentation analytique du constituant fondamental choisi.

Pour le barrage étudié ([4]), ces coefficients sont définis par les formules suivantes :

$$r' e^{i\omega'} = 17,2\left[1 + \frac{\operatorname{sh} 2\lambda + i \sin 2\mu}{\operatorname{ch} 2\lambda + \cos 2\mu}\right],$$

$$r_k \cos\omega_k = \alpha + (-1)^{k+1}\gamma, \qquad r_k \sin\omega_k = \beta + (-1)^k\delta;$$

$$\alpha = 9,3\, e^{0,06\lambda} \cos 0,06\mu + 8,91\, e^{-0,584\lambda} \cos 0,584\mu - 0,47 \cos\pi(\lambda + 0,4) \operatorname{ch}\pi\mu,$$

$$\beta = 9,3\, e^{0,06\lambda} \sin 0,06\mu - 0,91\, e^{-0.584\lambda} \sin 0,584\mu + 0,47 \sin\pi(\lambda + 0,4) \operatorname{sh}\pi\mu,$$

$$\gamma = 34,4\frac{\sin 2\mu \operatorname{sh} 2\lambda}{(\operatorname{ch} 2\lambda + \cos 2\mu)^2},$$

$$\delta = -34,4\frac{1 + \cos 2\mu \operatorname{ch} 2\lambda}{(\operatorname{ch} 2\lambda + \cos 2\mu)^2}.$$

Ces formules nous ont permis de déterminer, pour chaque point nodal du réseau primitif, et d'une façon indépendante d'un point à l'autre, l'*inclinaison* de la vitesse (d'où découle le tracé des lignes de courant) et sa ***grandeur*** (à laquelle est lié le coefficient de débit entre deux lignes de courant déterminées). L'application des formules classiques de l'hydrodynamique nous a ensuite permis de déterminer, à partir de ces nombres, la valeur de l'énergie et la répartition des pressions sur le seuil choisi comme guide de la nappe déversante.

Les résultats obtenus confirment, bien mieux que la construction de Prasil, les constatations expérimentales. Pour le profil considéré, ils montrent que, si l'écoulement est irrotationnel dans la plus grande partie de la nappe, il se

([4]) Bourot, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 728.

produit un décollement au voisinage de la crête, ce qui laisse prévoir des phénomènes dont L. Escande a souligné l'influence néfaste ([2]). Or, ces perturbations ont été effectivement constatées, et la zone de décollement est nettement visible sur les clichés chronophotographiques. Ces phénomènes seraient supprimés par une rectification appropriée du profil, rectification dont le calcul donne toutes les caractéristiques.

La comparaison des deux champs à l'intérieur de la masse montre en outre, sans aucune ambiguïté, la légitimité des hypothèses de base de la théorie. Les procédés de calcul que nous avons mis au point sur cet exemple ont pu être codifiés pour permettre l'application pratique de la méthode de prolongement analytique à tous les phénomènes de déversement. Ils constituent un procédé rationnel pour déterminer, *a priori*, la forme de profil déversant qui correspond à des conditions imposées à l'avance pour sa finesse et pour la valeur du coefficient de débit.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la détermination immédiate de l'amplitude et de la phase de l'harmonique de rang n d'une fonction de période* 2π, *présentant, ainsi que ses dérivées successives, un nombre fini de sauts. Application pratique au cas des cames et des ressorts de rappel en vue d'éviter les phénomènes de résonance.* Note de M. **André Fouché**, présentée par M. Henri Villat.

Soit α_i une valeur de la variable x, pour laquelle la fonction $f(x)$, de période 2π, présente une discontinuité finie. On désignera par D_i le saut correspondant $f(\alpha_i+0)-f(\alpha_i-0)$ de la fonction et par $D'_i, \ldots, D_i^{(p)}, \ldots$ les sauts correspondants des dérivées successives.

Au cas où les sauts ne sont pas tous nuls, on peut établir la formule suivante, qui est d'une grande portée pratique,

$$\rho_n \sin n(x-\varphi_n) = \frac{R_n}{\pi n}\sin n(x-\psi_n) - \frac{R'_n}{\pi n^2}\cos n(x-\psi'_n) - \frac{R''_n}{\pi n^2}\sin n(x-\psi''_n)$$
$$+ \frac{R'''_n}{\pi n^3}\cos n(x-\psi''') + \ldots + \frac{1}{n^p} f_n^{(p)} \sin n(x-\varphi_n^{(p)}).$$

C'est un développement, suivant les puissances croissantes de l'inverse du rang n, de l'harmonique de rang n de la fonction $f(x)$, dont l'amplitude est ρ_n et la phase φ_n. Le dernier terme non écrit est d'ordre $(p-1)$ et le reste a été écrit en supposant, par exemple, p multiple de 4. Symboliquement, en ne tenant pas compte des indices, chaque terme est la primitive du précédent par rapport à la variable x.

Les constantes R_n et ψ_n qui figurent dans le premier terme du deuxième membre s'obtiennent en composant autour d'un point O, les vecteurs ayant pour longueurs les sauts D_i et formant avec un axe Ox des angles $n\times\alpha_i$: la résultante de ces vecteurs a pour longueur R_n et fait, avec Ox, l'angle $n\times\psi_n$.

De même pour trouver R'_n et ψ'_n, il suffit de composer de semblable façon les sauts de $f''(x)$, et ainsi de suite.

Le reste du développement est le quotient par n^p de l'harmonique de rang n de la dérivée d'ordre p de $f(x)$. Au cas où les sauts seraient tous nuls, ce reste subsisterait seul et la formule ne contiendrait plus qu'un résultat classique. Par contre lorsque la fonction $f(x)$ est formée de divers polynomes, le reste peut être nul et le développement, automatiquement limité, fournit alors des expressions finies, exactes, des harmoniques.

En dehors des propriétés intéressantes de cette formule, du point de vue purement mathématique, on peut signaler le grand intérêt pratique qu'elle présente, à propos du calcul des cames par exemple et particulièrement la possibilité qu'elle offre d'orienter et de préciser le perfectionnement d'une came quelconque en vue d'atténuer et même d'éviter une résonance.

En effet, dans ce cas, les termes du deuxième membre, sauf le reste, sont uniquement fonctions des sauts de la dérivée seconde et des dérivées suivantes, on a donc un développement qui commence au troisième terme, en $1/n^3$, et qui, à partir des valeurs pratiques, de l'ordre de $n=5$ et au-dessus, pour lesquelles s'établissent les résonances, devient rapidement convergent. On peut donc, pratiquement toujours, se limiter à ce terme et ne considérer le suivant qu'au cas où l'on réussit à rendre nul ou très petit le terme en $1/n^3$. Or ce terme, qui constitue ainsi une valeur principale de l'harmonique, ayant pour amplitude le quotient par $\pi . n^3$ de R''_n, résultante des vecteurs D″, il suffira de modifier l'orientation $n\alpha$, ou la longueur D″ des composantes, dans la limite du possible, pour donner à cette partie principale la valeur minimum, sinon l'annuler complètement,

Un autre moyen, beaucoup plus efficace, est d'introduire des discontinuités supplémentaires, qui chacune donnent deux paramètres nouveaux dont on peut disposer arbitrairement, et il est aisé de prévoir qu'il est ainsi possible d'établir des profils de cames dont plusieurs harmoniques successifs ont des amplitudes nulles ou aussi réduites que possible, ce qui en accroît considérablement la latitude d'emploi.

ASTROPHYSIQUE. — *Variations lumineuses de Nova Aquilæ* 1945. Note (1) de M. **Charles Bertaud**, présentée par M. Bernard Lyot.

1° Pour construire la courbe de lumière visuelle de cette nova que je découvris le 26 août 1945 alors qu'elle atteignait la septième grandeur (2), j'ai réuni 139 observations effectuées par moi-même (3), MM. F. Mandré et

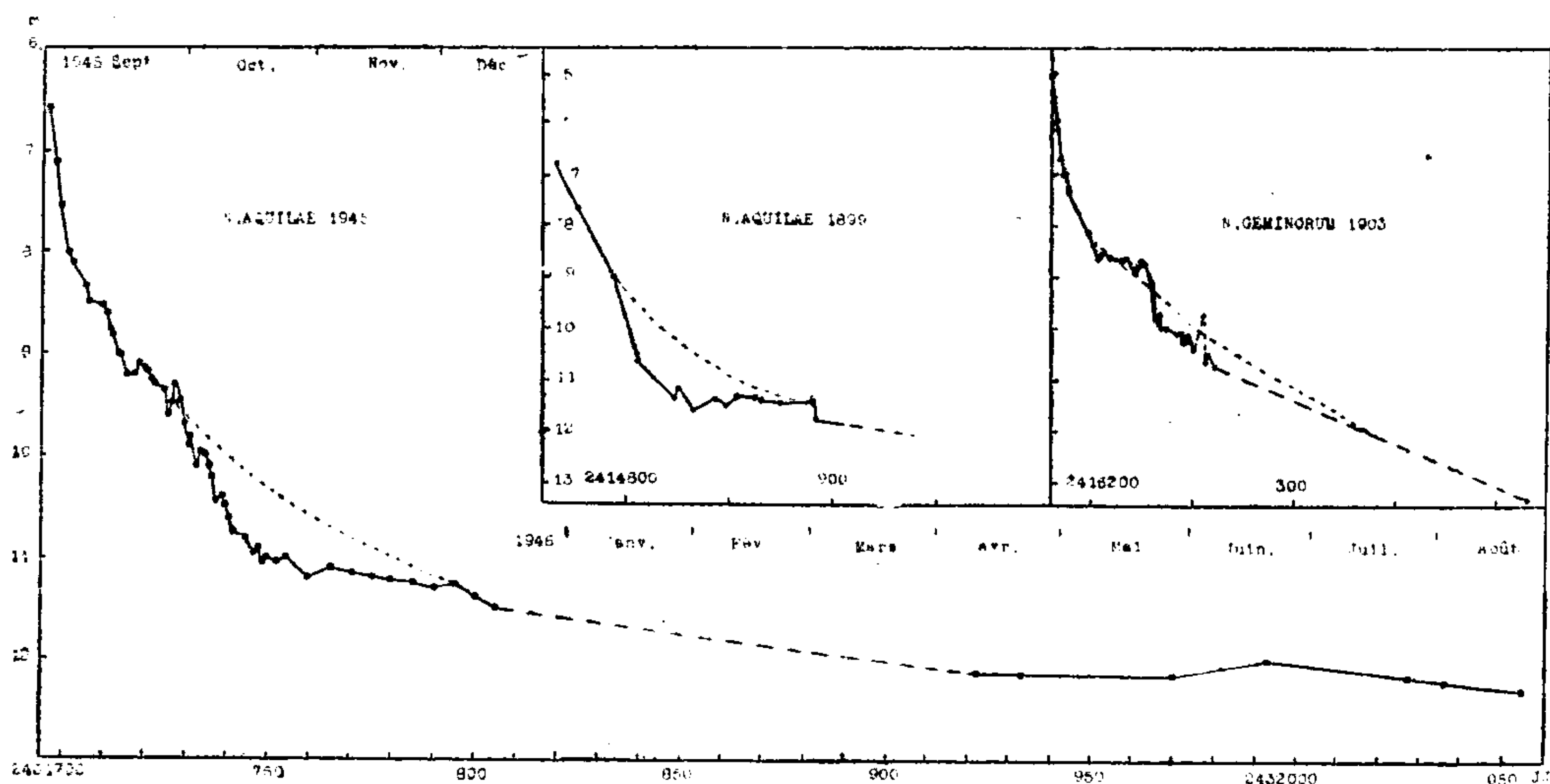
(1) Séance du 28 octobre 1946.

(2) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 255.

(3) *L'Astronomie*, 59e année, 1945, p. 97; *Ciel et Terre*, 61e année, p. 301 et inédites.

F. Weber ([4]), M. L. Michiels ([5]), et par quelques autres observateurs ayant fourni un plus petit nombre de magnitudes.

Ces observations ont été traitées de la manière suivante : prises de jour en jour elles fournissent une première série de moyennes provisoires donnant les écarts de chaque observateur auxquels on fait correspondre une courbe de correction. Les moyennes quotidiennes des magnitudes ainsi corrigées sont les magnitudes définitivement adoptées qui ont été reportées sur la figure ci-dessous.



Courbe de lumière de Nova Aquilæ 1945 comparée à celles de Nova Aquilæ 1899 et Nova Geminorum 1903. (Longueurs égales pour 1 magnitude et pour 25 jours.)

Les observations s'étendent du 28 août au 15 décembre 1945, présentent ensuite une lacune jusqu'au mois d'avril 1946 et se terminent à la fin du mois d'août 1946.

La prénova est invisible sur des plaques atteignant la 17[e] grandeur d'après B. Kukarkin ([6]), de sorte que l'amplitude avec le maximum observé ici, voisin de 7, est certainement supérieure à 10 magnitudes.

2° En mesurant la largeur équivalente de la raie K interstellaire, visible dans le spectre, C. S. Beals ([7]) a trouvé pour cette nova une distance de 2550 parsecs. Avec la magnitude apparente au maximum que je donne ici, 6,6, cette distance fournit une magnitude absolue de — 6,4. Mais la nova se trouve dans une région où l'absorption interstellaire est notable. Elle est apparue au voisinage d'une curieuse nébuleuse obscure déjà décrite en 1913 par E. E. Barnard ([8]). Il n'est donc pas exagéré de lui appliquer une correction de magni-

([4]) *L'Astronomie*, 59[e] année, 1945, p. 100 et inédites.

([5]) *Gazette Astronomique*, 28[e] année, 1946, p. 39.

([6]) *Cir. Soc. Belge d'Astr.*, n° **16**, 1946.

([7]) *Harvard Ann. Card*, n° **721**, 1945.

([8]) *Publ. Lick Observatory*, **11**, 1913, planche 67.

tude égale à $1^m,2$ pour tenir compte de cette absorption. C'est la valeur adoptée par D. B. Mc Laughlin ([9]) pour la nova très voisine, Aquilæ 1936,6. Dans ces conditions, la magnitude absolue de Nova Aquilæ 1945 devient égale à $-7,6$.

3° L'examen de la courbe de lumière amène quelques remarques. Le premier déclin est régulier et rapide, la nova ayant faibli de 1,4 magnitude en 5 jours, c'est-à-dire au taux de $0^m,28$ par jour, important mais un peu plus petit que celui des novæ très rapides. Le 2 septembre, l'affaiblissement devient cinq fois moins rapide, s'effectuant à raison de $0^m,06$ par jour seulement et des oscillations apparaissent.

On constate ensuite, entre le 16 et le 30 septembre, une sorte de bosse ou tout au moins de palier sur la courbe suivie d'un affaissement marqué qui débute à $3^m,1$ du maximum, qui dure du 30 septembre au 5 décembre 1945, soit 66 jours, pour se terminer à $4^m,6$ du maximum. Pour le mettre en évidence, j'ai tracé en tirets la courbe telle qu'elle se présenterait s'il n'y avait pas cet affaissement. On voit qu'il commence bien plus brutalement qu'il ne finit et qu'il atteint une valeur maximum de $0^m,6$ vers le 20 octobre. A partir de la fin novembre, le déclin se ralentit considérablement.

4° Lorsqu'on compare la courbe de Nova Aquilæ 1945 à celle des autres étoiles de même catégorie, on constate qu'elle présente quelque analogie avec celle de Nova Aquilæ 1899 et de Nova Geminorum 1903 ([10]). L'affaissement de la première dure à peu près le même temps et atteint une magnitude. Quant à celui de la seconde il ne dépasse pas $0^m,6$, mais il est précédé d'une bosse plus prononcée que dans le cas de Nova Aquilæ 1945.

L'affaissement dans les courbes de lumière des novæ a déjà été signalé par D. B. Mc Laughlin. Il paraît assez général. Pour certaines d'entre elles il est à peine discernable, pour d'autres, au contraire, telles Nova Aurigæ 1891, Nova Herculis 1934, Nova Sagittarii 1936,32 et Nova Cygni 1942, toutes novæ lentes, il est considérable et se traduit par un minimum profond amenant en quelques jours la nova à plus de 8 magnitudes au-dessous de sa courbe normale pour y revenir au bout de 6 mois. Il est très notable pour Nova T Coronæ Borealis (2 magnitudes) et pour Nova Tauri 1927, pour laquelle il dura 100 jours et atteignit une profondeur de $2^m,6$. Il eut la même durée pour Nova Cygni 1920, mais il ne dépassa guère $1^m,3$.

On peut penser qu'il s'agit là d'un même phénomène se produisant au cours de l'existence d'une nova lorsqu'elle a faibli de 3 magnitudes environ à partir de son maximum, mais dont les effets sont plus ou moins appréciables suivant la rapidité de l'évolution et peut-être finalement suivant la quantité de matière éjectée probablement variable d'une nova à l'autre.

---

(9) *Astronomical Journal*, 51, 1945, p. 139.

(10) *Harvard Annals*, 84, 1933, pp. 124 et 148.

ASTROPHYSIQUE. — *L'isotope* C^{13} *du carbone dans les comètes.* Note de M. **Jean Dufay**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Bobrovnikoff ([1]) a attribué aux molécules $C_{12}C_{13}$ et $C_{13}C_{13}$ deux faibles radiations observées vers 4744 et 4751 Å dans les spectres des comètes 1909*c* et 1911*c*. Swings ([2]) a proposé d'attribuer en outre à $C_{12}C_{13}$ les radiations 4723 et 4705 Å mesurées par Wright dans la seconde comète. Enfin, dans la comète 1940*c*, la radiation 4744 Å a été retrouvée par Bobrovnikoff ([3]), non par Swings et ses collaborateurs.

2. J'ai repris la recherche des bandes isotopiques du carbone dans les spectres des comètes 1936*a* (8 clichés), 1937*f* (9 clichés), 1939*d* (4 clichés) et 1942*g* (13 clichés) photographiés à l'Observatoire de Lyon avec divers prismes-objectifs. Le Tableau I donne, en regard des longueurs d'onde calculées pour les arêtes de bandes $C_{12}C_{13}$, les longueurs d'onde des radiations voisines mesurées dans les spectres de ces 4 comètes.

Tableau I.

$v'-v''$.	$C_{12}C_{13}$.	1936 *a*.	1937 *f*.	1939 *d*.	1942 *g*.
1-0	4745,2	4744,8	4744,9	4744,2	4745,0
2-1	4723,2	4722,6	4721,5	4723,1	4721,2
3-2	4705,4	4704,7	4703,5	4704,0	4703,6
2-0	4395,2	4396,8	4395,4	4394,1	4395,3

Dans la séquence $v'-v''=1$, la bande 4745 Å, située en dehors de la séquence relative à la molécule ordinaire, est la plus caractéristique de la molécule $C_{12}C_{13}$. Elle est bien visible sur les enregistrements des clichés un peu faibles. Sur ceux des clichés plus contrastés, elle est souvent à peine marquée par un faible accident sur la pente brusque qui termine la séquence du côté des grandes longueurs d'onde. Mais, dans ce cas, l'examen direct des clichés au microscope la montre encore nettement, sous forme d'une condensation quasi ponctuelle.

Les radiations voisines de 4723 et 4705 Å ont déjà été observées, sans recevoir d'attribution, non seulement dans la comète 1911 *c*, mais encore dans les comètes 1907 *d* (Campbell), 1909 *c* (maxima secondaires diffus de Bobrovnikoff) et la radiation 4705 Å seulement dans la comète 1913 *f* (Curtiss et Mc Laughlin) ([4]). Bien qu'assez probable, leur identification avec les bandes $C_{12}C_{13}$ est moins sûre, car ces radiations se trouvent à l'intérieur de la

([1]) *Publications of the Lick Observatory*, **17**, 1931, p. 441.

([2]) *Monthly Notices*, **103**, 1943, p. 86.

([3]) *Astrophysical Journal*, **99**, 1944, p. 173.

([4]) La présence de faibles maxima du spectre solaire à 4725 et 4705 Å a parfois fait mettre en doute leur réalité.

séquence des molécules $C_{12}C_{12}$, et l'on peut craindre la présence de maxima secondaires dans celle-ci. En gros, la structure des bandes de Swan dans les comètes correspond bien à une *température de rotation élevée*, avec un maximum près de l'arête de la branche P, mais j'ai trouvé quelquefois l'indication d'une structure plus complexe ([5]). Dans la comète 1940 *c*, Bobrovnikoff ([3]) n'a pas observé la radiation 4723 Å, mais *deux* raies fines à 4707,2 et 4703,5 Å qui, selon lui, ne peuvent appartenir à la molécule $C_{12}C_{13}$. La structure des bandes de cette molécule dissymétrique doit différer de celle des bandes de $C_{12}C_{12}$ ([2]) et la bande 4745 Å est en effet plus diffuse.

Enfin, dans la séquence $v'-v''=2$, déjà bien plus faible, la seule coïncidence susceptible d'être retenue concerne la bande 2-0, à 4395 Å. Toutefois, dans les comètes 1937 *f* et 1939 *d*, la bande, vue simple au microscope, paraît double sur certains enregistrements, avec un maximum voisin de 4392 Å, l'autre de 4397 Å.

3. En raison des superpositions, seules les bandes 1-0 et 2-0 de la molécule $C_{13}C_{13}$ peuvent être utilement recherchées. Le Tableau II montre qu'il y avait effectivement une radiation à 4753 Å dans les quatre comètes étudiées.

TABLEAU II.

$v'-v''$.	$C_{13}C_{13}$.	1936 *a*.	1937 *f*.	1939 *d*.	1942 *g*.
1-0......	4753,2	4754,9	4752,7	4752,9	4753,0
2-0......	4408,2	4406,8?	4407,0?	–	4706,5?

Elle a aussi été observée par Mc Kellar ([6]) dans le spectre de la comète 1942 *g*, mais celui-ci ne croit pas possible de l'attribuer à la molécule $C_{13}C_{13}$, car la radiation 4744 Å ne figure pas sur ses clichés.

Quant à la radiation 4407 Å, relevée dans les spectres de 3 comètes, elle est si faible que sa réalité ne peut être affirmée.

4. En définitive, la présence des molécules $C_{12}C_{13}$ dans les comètes paraît bien confirmée, mais celle de la molécule $C_{13}C_{13}$ demeure plus douteuse. En l'absence de mesure photométrique, il est impossible de déterminer la proportion des atomes C_{13} et C_{12} dans les comètes, mais il semble que si elle était seulement de l'ordre de 1/100, comme dans le cas du carbone terrestre, les bandes isotopiques auraient échappé à l'observation. Il est donc probable que l'abondance des atomes C_{13} est sensiblement plus grande dans les comètes, sans atteindre la valeur considérable trouvée dans certaines étoiles rouges ([7]).

([5]) *Bulletin Astronomique de l'Observatoire de Paris* (sous presse).

([6]) *Astrophysical Journal*, **99**, 1944, p. 162.

([7]) A. DAUDIN et CH. FEHRENBACH, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1083

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Perturbations et pression de radiation dans les cavités électromagnétiques.* Note de M. **Théo Kahan.**

Dans une Note précédente ([1]) j'ai établi la formule suivante tirée de la loi des invariants adiabatiques de Boltzmann

$$(1)\quad \frac{\delta\omega}{\omega}=\frac{1}{2W}\left[\int_V \varepsilon\,\delta E^2\,dV+\int_V \delta\varepsilon\,E^2\,dV + \int_V \mu H^2\,dV+\int_V \delta\mu\,H^2\,dV+\int_{\delta V}(\varepsilon E^2+\mu H^2)\,dV\right],$$

V étant le volume de la cavité électromagnétique; ω, la pulsation propre, E et H, les champs électrique et magnétique; W, l'énergie totale; δV, la variation du volume au cours de la transformation lente. Si l'on pose $\delta E=\delta H=\delta\mu=\delta\varepsilon=0$, la formule (1) se réduit à

$$(2)\quad \frac{\delta\omega}{\omega}=\frac{1}{2W}\left[\int_{\delta V}(\varepsilon E^2+\mu H^2)\,dV\right].$$

Je vais d'abord montrer comment l'on peut se servir de ce théorème pour calculer la fréquence propre perturbée d'une cavité circulaire cylindrique, de hauteur h, telle qu'elle est envisagée dans des Notes précédentes ([2]). Il s'agit d'évaluer $\delta\omega$ quand le rayon de cette cavité passe de R à $R+\delta R$. Dans ce cas, $\delta V=2\pi R h\,\delta R$. Comme $E_z(R)=0$ et $H=H_\varphi=j\omega\varepsilon J'_0(kr)/k$,

$$(3)\quad \frac{\delta\omega}{\omega}=\frac{2\pi R h\,\delta R\,\mu H_\varphi^2}{2W}=-\frac{\delta R}{R},$$

d'accord avec le résultat obtenu par d'autres méthodes dans mes Notes citées. Le travail effectué par le champ électromagnétique lors de la variation de volume $\delta V=S.\delta R$ (S : surface latérale de la cavité) est donc de $\mu H_\varphi^2 S\,\delta R/2$. La quantité $P=\mu H_\varphi^2/2$ peut donc être considérée comme une pression de radiation électromagnétique. C'est ce qui résulte d'ailleurs aussi de la considération du travail fourni, lors de la variation de volume, par le tenseur de Maxwell T. En effet, dans notre cas, la seule composante intéressante de celui-ci est la composante moyenne normale à la surface latérale et celle-ci est précisément $\overline{T}_{rr}=\mu X_\varphi^2/2$. La force exercée par cette composante sur la paroi latérale est alors précisément $F=\iint \overline{T}_{rr}\,dS=2\pi R h\mu H_\varphi^2/2$ et le travail effectué est $\delta W=F\,\delta R=\pi h\mu R H_\varphi^2\,\delta R$. C'est précisément notre résultat (3). La for-

([1]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 70.
([2]) T. Kahan, *Comptes rendus*, **221**, 1945, pp. 616 et 694.

mule (2) peut donc revêtir la forme générale suivante

$$\frac{\delta\omega}{\omega} = \frac{\int_{\delta V} P\, dV}{W}, \tag{4}$$

P étant la pression de radiation électromagnétique. Cette formule générale peut dès lors servir à calculer des variations de fréquences provoquées par des éléments métalliques introduits dans la cavité, variations qui, autrement, seraient délicates à déterminer. Prenons deux exemples. Soit à calculer l'effet d'un piston circulaire métallique enfoncé axialement dans la cavité sur une longueur z. Soit ρ son rayon assez petit pour ne pas perturber sensiblement la structure du champ existant. Ici, $\delta V = \pi\rho^2\delta z$, $P = \varepsilon E_z^2/2$, de sorte que

$$\int_{\delta V} P\, dV = \int_0^z P\, dV = \pi\rho^2 z\varepsilon \frac{J_0^2(k\rho)}{2}.$$

Prenons comme second exemple l'effet d'un iris (diaphragme métallique) de hauteur z et de largeur l et centré sur l'axe au milieu de la cavité. Je suppose l assez petit pour ne pas modifier sensiblement les champs. La surface intérieure de cet iris est $2\pi z(R-l)$ et la pression de rayonnement sera $\mu H_\varphi^2/2$, d'où le travail effectué par cette pression

$$\delta W = \int_{-\frac{z}{2}}^{\frac{z}{2}} \int_R^{R-l} \pi\mu(R-l) H_\varphi^2\, dR\, dz = \pi\mu(R-l)\, z \int_R^{R-l} H_\varphi^2\, dR,$$

d'où l'on peut tirer, à l'aide de (4), la pulsation perturbée $\delta\omega$.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur des variations périodiques, en fonction du temps, du courant anodique de tubes à vide utilisant des cathodes à oxydes.* Note [1] de M. **Robert Champeix**, présentée par M. Camille Gutton.

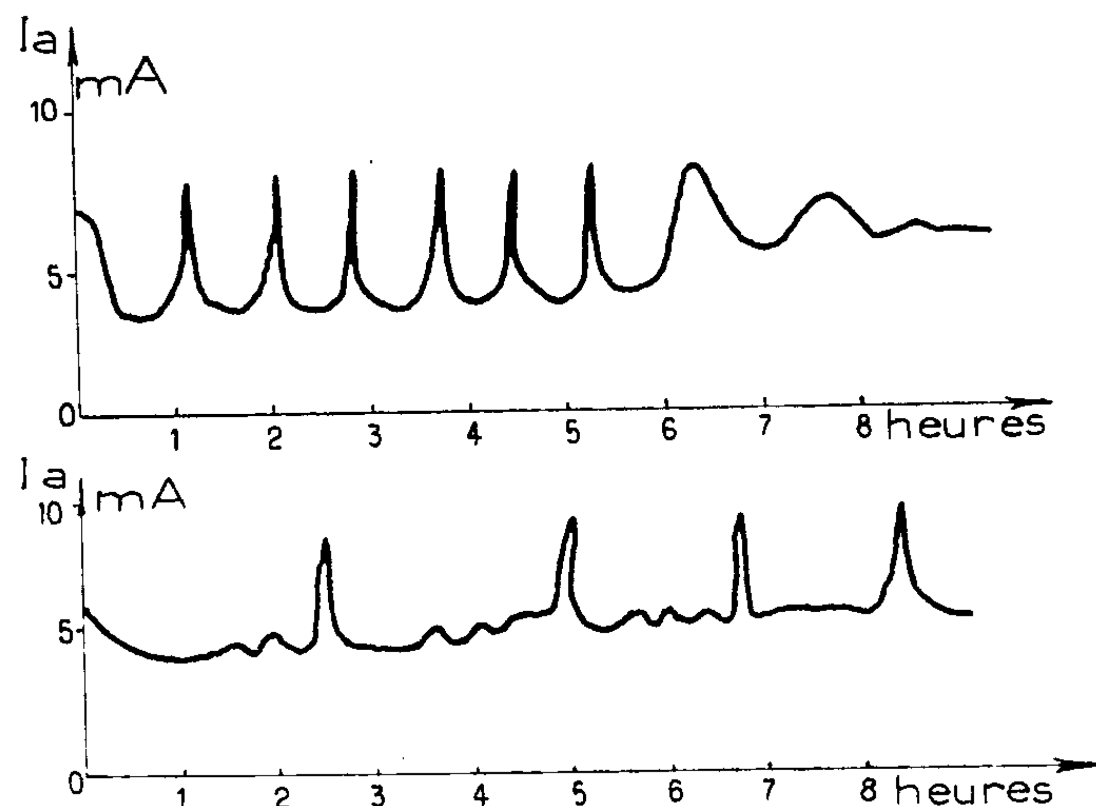
I. On sait que le courant anodique d'un tube triode à vide utilisant une cathode à oxydes n'a pas, en fonction du temps, une stabilité aussi grande que celle d'un tube utilisant comme cathode un métal pur. On connaît depuis une vingtaine d'années un phénomène qui se produit dans les première heures de la vie d'un tube ayant une cathode à oxydes et qui consiste dans une montée rapide du courant suivie d'une baisse (ou inversement), pour aboutir enfin à une stabilisation relative du courant d'anode. Nous avons montré [2] que, dans la plupart des cas, ces variations du courant étaient dues à des modifications de la différence de potentiel de contact entre la cathode et la grille du tube.

---

[1] Séance du 4 novembre 1946.

[2] R. Champeix, *Annales de Radioélectricité*, 3, 1946, p. 233

II. En étudiant systématiquement cette anomalie, nous avons constaté un phénomène tout à fait inconnu à ce jour et qui se traduit par des oscillations périodiques du courant d'anode. La période peut être comprise entre 15 minutes et 4 heures. L'amplitude des maxima peut atteindre 3 fois celle des minima.



L'allure de la courbe du courant anodique en fonction du temps est parfois celle d'une sinusoïde, mais le plus souvent la croissance et la baisse du courant semblent suivre une loi exponentielle et les maxima sont plus aigus que les minima, en sorte que la courbe rappelle assez bien les oscillations de relaxations produites par la charge et la décharge d'un condensateur.

III. Ces variations du courant anodique ont été mesurées à l'aide d'un milliampèremètre enregistreur, qui permet, grâce à une commutation, l'inscription simultanée du courant anodique de 5 tubes. Avec ce dispositif on a pu constater :

A. Que tous les tubes d'un même type ne présentent pas nécessairement cette anomalie.

B. Que tous ceux qui la présentent ont des périodes et des amplitudes très différentes d'un tube à l'autre, ce qui exclut la possibilité que ce phénomène soit dû à une cause extérieure aux tubes (variations des sources d'alimentation, inductions, etc).

C. Que pour un même tube, ni la période, ni l'amplitude ne sont parfaitement régulières. Il en est de même de la forme de la courbe qui peut subir de grandes variations en quelques heures. Elle peut, par exemple, passer de la forme *dent de scie* à la forme sinusoïdale.

D. Que le phénomène n'est pas reproductible à volonté. Il suffit parfois d'une perturbation légère (telle qu'un arrêt momentané du tube) pour faire apparaître ou au contraire disparaître le phénomène.

E. Que la température de la cathode semble avoir une grande influence sur ce phénomène. On le constate beaucoup plus fréquemment pour une tempé-

rature faible que pour une température élévée de la cathode, toutes choses égales d'ailleurs.

F. Que la valeur des maxima est égale à la valeur normale du courant anodique : ce sont donc les minima qui sont anormaux.

G. Que pour les tubes qui présentent ces phénomènes la stabilisation du courant anodique survient d'une façon souvent brutale au bout de quelques dizaines d'heures de fonctionnement.

IV. Les mesures que nous avons effectuées sur les tubes présentant cette anomalie nous ont montré que ces variations ne semblent pas devoir être imputables à des modifications de la différence de potentiel de contact, mais plutôt à des modifications du courant de saturation de la cathode. Nous avons en effet constaté que le courant de saturation variait sensiblement dans la même proportion que le courant anodique. Si l'on se rappelle que le courant anodique est nettement limité par la charge d'espace (le courant de saturation étant ici plusieurs centaines de fois plus élevé que le courant anodique), on doit conclure que nous avons affaire à des modifications importantes mais localisées du courant de saturation; il se produit vraisemblablement sur la cathode des *taches* de moindre émission de dimensions variables dans le temps; tout se passe comme si la surface active de la cathode se modifiait périodiquement.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le mécanisme d'électrisation des grains de poussière dans un jet d'air supersonique*. Note (¹) de M. **Oleg Yadoff**, présentée par M. Camille Gutton.

Dans une Note précédente (²) nous avons donné le principe d'un procédé de poudrage électrique de végétaux obtenu par simple projection des poudres à travers une tuyère génératrice de vitesses supersoniques. Nous avons en effet constaté que des grains de poussière introduits dans de tels courants supersoniques s'électrisent spontanément sans qu'il soit nécessaire de les faire passer dans un champ électrique quelconque. De cette façon on éliminait complètement la nécessité d'emploi d'une installation de haute tension.

Dans une série d'expériences faites avec des tuyères de même forme géométrique, mais de natures différentes, nous avons obtenu, pour les mêmes grains de poudres, des potentiels sensiblement égaux; nous avons employé des tuyères en matière conductrice (cuivre, aluminium, fer), semi-conductrice (substances diverses) et isolante (verre, bois, résines synthétiques). Cette observation, répétée dans des conditions d'expérience différentes, montre qu'il ne s'agit point là d'une électrisation des grains de poudre par frottement contre les

(¹) Séance du 4 novembre 1946.
(²) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 544.

parois intérieures de la tuyère, car dans ce cas nous n'obtiendrions pas le même potentiel électrique des grains à la sortie de la tuyère; les signes de ces derniers pourraient même changer en fonction des différentes matières employées. Pour nous en assurer davantage nous avons connecté, lors de nos expériences, les tuyères en matières conductrice et semi-conductrice à la terre, les neutralisant électriquement. Malgré cela nous avons continué à obtenir les électrisations de poudres de mêmes intensités par rapport aux poudres électrisées sans la mise préalable des tuyères à la terre. Ces résultats nous ont conduit à admettre que cette électrisation des grains de poussières se fait au sein même du jet de projection. Cette auto-électrisation peut s'expliquer par le mécanisme suivant : lorsque le régime du mouvement supersonique est établi, les molécules d'air, plus légères en poids et beaucoup plus petites en volume que les plus fins des grains de poussière envisagés, se déplacent dans ce jet avec des vitesses relatives plus grandes que les grains solides et, en les dépassant continuellement, les électrisent du fait des chocs successifs dus à la différence de vitesses relatives. Dans un fluide en mouvement supersonique les molécules le constituant sont plus distantes l'une de l'autre, de sorte que la chance de leur recombinaison est nettement moindre que dans un mouvement subsonique. Mais à la sortie de la tuyère, lors de la dispersion du jet dans le milieu ambiant atmosphérique, les molécules qui ont pris une certaine charge électrique du fait de leur rencontre avec les grains solides, la restituent en très peu de temps, en quelques fractions de seconde, et deviennent les molécules d'air neutres. Les grains, qui par rapport à ces molécules sont des véhicules très grands, sont portés à un potentiel d'électrisation aussi beaucoup plus grand, de façon que la conservation de leurs charges a une période infiniment plus longue que celle des molécules gazeuses. On peut donc considérer que ce sont les grains de poussière qui restent seuls en état d'électrisation et que le faisceau de leurs trajectoires constitue un véritable pôle électrique ayant pour son antipode l'organe végétal relié à la terre. Le champ électrique s'établissant entre ces deux pôles, dirige suivant les lignes de force les grains de poussière électrisés, de leur sortie de la tuyère jusqu'au plus voisin des végétaux. On observe facilement l'arrivée accélérée d'un grain sur la surface du végétal et son éclatement au moment de la restitution de sa charge à la terre, restitution qui se fait à travers le point de contact et la suite des parties successives du circuit végétal.

Il en résulte que, pratiquement, il faut disposer la tuyère à une distance des organes végétaux telle que le champ électrique à l'arrivée des grains soit encore assez grand.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Nature et stabilité des complexes coexistant dans les solutions aqueuses de mercure-II-thiocyanates.* Note ([1]) de MM. **Fernand Gallais** et **J. Mounier**, transmise par M. Cotton.

Pour déterminer la nature et la stabilité des anions complexes dont nous avons décelé la coexistence dans les mélanges de solutions aqueuses des ions $(Hg)^{++}$ et $(SCN)^-$ ([2]), nous avons eu recours à la méthode magnéto-optique (effet Faraday) dont l'un de nous a proposé l'emploi en pareil cas ([3]). Rappelons que cette méthode consiste à rechercher quels sont les ions complexes dont la formation, en proportions convenables, permet de rendre compte par le calcul des écarts observés lorsque l'on mélange les solutions mercurielle et thiocyanique (écarts entre les rotations magnétiques mesurées et celles que l'on calcule par une règle d'additivité).

Nous avons préparé les deux sels $[Hg(SCN)_3]K$ et $[Hg(SCN)_4]K_2$ et nous avons mesuré leur pouvoir rotatoire moléculaire en solution acétonique ($\lambda = 0^\mu,578$), soit

$$[Hg(SCN)_3]K,\quad [A]_M = 10',9;\qquad [Hg(SCN)_4]K_2,\quad [A]_M = 16',2.$$

Nous avons trouvé d'autre part, pour le thiocyanate de potassium en solution aqueuse, SCNK, $[A]_M = 2',03$. Utilisant alors les valeurs de pouvoir rotatoire ionique données par de Mallemann ([4]), $[Hg]^{++}$, $[A]_I = 1',16$; $[K]^+$, $[A]_I = 0',274$; nous avons calculé

$$[Hg(SCN)_3]^-,\quad [A]_I = 10',6;\quad [Hg(SCN)_4]^{--},\quad [A]_I = 15',6;\quad [SCN]^-,\quad [A]_I = 1',76,$$

puis les *écarts ioniques* $\Delta[A]_I$ correspondants, c'est-à-dire l'exaltation d'effet Faraday qui accompagne la formation de chaque ion complexe à partir des ions simples dont l'union lui a donné naissance.

$$[Hg(SCN)_3]^- \ :\ \Delta[A]_{I_1} = 10,6 - (1,16 + 3\times 1,76) = 4',2$$
$$[Hg(SCN)_4]^- \ :\ \Delta[A]_{I_2} = 15,6 - (1,16 + 4\times 1,76) = 7',5.$$

Ces quantités ainsi fixées, il ne reste comme inconnue dans l'équation de la courbe des écarts δ en fonction de la composition x des mélanges ([5]) que la concentration y du complexe 1 [celle du complexe 2 étant alors $(1-y)$]. On peut donc calculer en tout point la proportion des deux anions complexes; c'est ce que nous avons fait pour la composition x_1 qui donne l'écart δ maximum sur un certain nombre de nos courbes (couples de solutions

([1]) Séance du 14 octobre 1946.

([2]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 722.

([3]) F. Gallais, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 665.

([4]) *Ann. de Phys.*, 2e série, **17**, 1942, p. 360; 2e série, **18**, 1943, p. 56.

([5]) Composition du mélange avant réaction : ions $(SCN)^-$, x %; ions Hg^{++}, $(1-x)$ %.

mercurielle et thiocyanique de concentration Γ et $p\Gamma$). On voit, en examinant les résultats du tableau I, que le complexe 1 est partout prédominant.

Nous avons d'autre part déterminé graphiquement les valeurs x_0 de x pour lesquelles $y = 1$, $(1 - y) = 0$ et nous avons utilisé ces valeurs x_0 pour le calcul de la constante d'équilibre K_1,

$$K_1 = \frac{[(SCN)_2Hg] \times [(SCN)^-]}{[[Hg(SCN)_3]^-]}.$$

On voit que les valeurs ainsi obtenues se groupent de façon assez satisfaisante autour du chiffre moyen $K_1 = 2,1.10^{-2}$ (température moyenne 16°).

Connaissant la constante K_1, il est aisé de calculer la constante

$$K_2 = \frac{[(SCN)_2Hg] \times [(SCN)^-]^2}{[[Hg(SCN)_4]^{--}]}.$$

On a en effet

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{y.[(SCN)^-]}{1 - y},$$

mais

$$(SCN)^- = x - [3y + 4(1 - y)] = x + y - 4;$$

d'où

$$K_2 = K_1 . \frac{y}{1 - y} . (x + y - 4).$$

Nous avons effectué ce calcul pour les solutions de composition x_1, puisque la détermination de y est la meilleure lorsque δ est maximum.

	Composition x_0.				Composition x_1.			
	Γ.	p.	x_0.	K_1.	x.	C_1 %*.	C_2 %*.	K_2.
I.........	0,100	11,1	26,7	$0,78.10^{-2}$	27,5	80	20	$6,1.10^{-3}$
II.........	0,115	7,72	34,5	1,2	39,5	78	22	9,4
III.........	0,974	0,205	94,6	5,5	94,6	102	–	–
IV.........	1,094	0,474	précipité		90,1	55	45	2,3
V.........	0,100	5,32	42,0	0,89	43,0	71	29	2,1
VI.........	0,100	2,21	65,0	2,6	67,0	67	33	1,2
VII......	0,127	3,88	51,5	2,5	53,1	76	24	4,5
VIII.....	0,100	1,00	78,5	1,0	80,0	76	24	1,0

(*) Nature du cation : I, III, V, VI, VIII, K; IV, Na; II, VII, Ba.

On voit que l'expression K_2, elle aussi, est suffisamment constante dans le domaine de concentrations exploré. Pour l'ensemble de nos déterminations, sa valeur moyenne est $K_2 = 5.10^{-3}$ (température moyenne, 16°).

On notera pour terminer que, comme on pouvait le prévoir, et contrairement à l'opinion de L. Toshi Inove [6], nos résultats sont, dans leur ensemble, indépendants de la nature du cation (alcalin ou alcalinoterreux) associé à l'ion complexe.

---

[6] Concentrations en anions : I, $[Hg(SCN)_3]^-$ % et II, $[Hg(SCN)_4]^{--}$ % (L. Toshi Inove, *Jap. J. Chem.*, 3, 1928, p. 131).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le potentiel de formation anodique du peroxyde de nickel.* Note [1] de MM. **Moïse Haïssinsky** et **Michel Quesney**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Depuis la controverse assez vive qui eut lieu en 1905-1908 entre Zedner et Fœrster [2] au sujet du mécanisme de fonctionnement de l'accumulateur Edison et quelques autres travaux parus à cette époque, peu d'auteurs se sont occupés des propriétés électrochimiques du peroxyde de nickel. Ce n'est certes pas le manque d'intérêt de la question qui en est la cause, mais probablement la difficulté d'obtenir des dépôts électrolytiques de ce peroxyde suffisamment épais et adhérents à l'anode.

On admet généralement avec Foerster que le potentiel d'équilibre mesuré par Zedner pour le peroxyde au contact d'une solution de KOH 2,8 N (E_h = 0,48 v., point Z de la figure) correspond au dépôt de Ni_2O_3, tandis que le potentiel initial de l'électrode mesuré immédiatement après la coupure du courant de l'électrolyse ($E_h \approx$ 0,62 v., point F) est donné par le peroxyde NiO_2. La décroissance continue de cette dernière valeur vers le potentiel Z est attribuée à la transformation de NiO_2 en Ni_2O_3 et formation d'une solution solide par les deux oxydes. D'autre part, les analyses chimiques du peroxyde préparé principalement sous l'action d'oxydants chimiques ont conduit à une variété déconcertante de formules allant de Ni_5O_6 à NiO_2 et même NiO_4, tandis que les analyses physico-chimiques et aux rayons X sont contradictoires et semblent indiquer une structure peu différente de celle de NiO et tout au moins ne permettent pas de conclure sur l'existence d'un peroxyde de composition définie [3].

En opérant en milieu tamponné par l'acide borique ou le borate de soude, nous avons réussi à établir des conditions sur lesquelles nous reviendrons ailleurs et qui permettent d'obtenir des dépôts du peroxyde de l'ordre de 1 mg/cm² et bien adhérents aux anodes en Pt ou PbO_2 dans un domaine déterminé de pH, dont les limites varient avec la nature du support. Nous avons pu ainsi tracer les courbes de la vitesse du dépôt, en fonction du potentiel de l'anode mesuré par la méthode classique d'opposition par rapport à une électrode à calomel saturée, et en déduire le potentiel critique auquel le dépôt commence à un pH donné. Dans le domaine de pH plus élevé, où l'adhérence est mauvaise, et sur les anodes en Ni, où elle n'est jamais bonne, nous avons néanmoins déterminé le début de la formation du peroxyde par le noircisse-

---

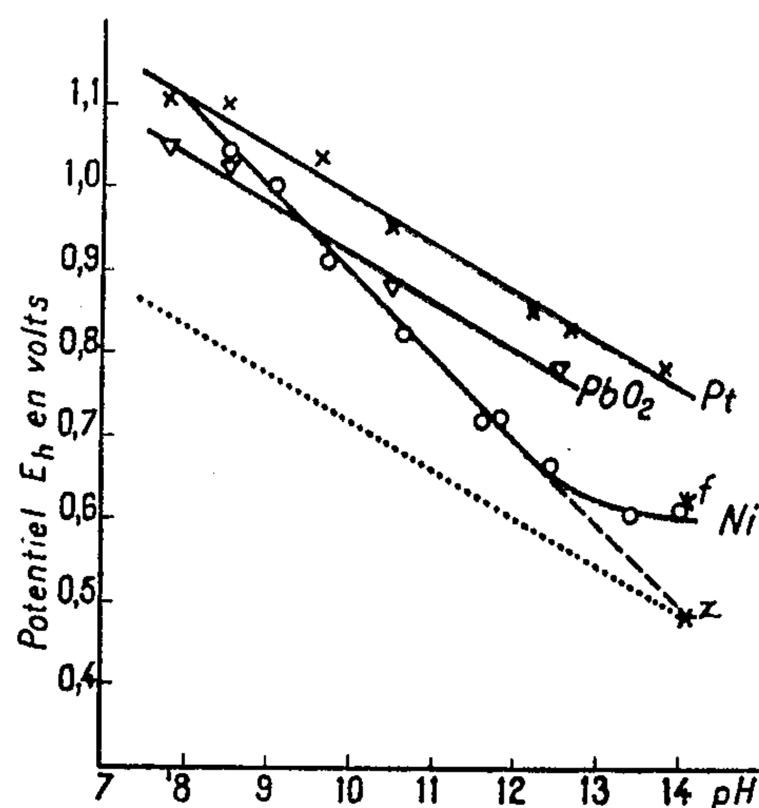
[1] Séance du 21 octobre 1946.

[2] J. Zedner, *Z. Electroch.*, **11**, 1905, p. 809; **12**, 1906, p. 463; **13**, 1907, p. 752; F. Foerster, *ibid.*, p. 414; **14**, 1908, p. 17.

[3] Le Blanc et Möbius, *ibid.*, **39**, 1933, p. 753.

ment de l'électrode ou du précipité de l'hydroxyde de Ni, avec une précision suffisante pour le but de cette étude (2 centivolts environ).

Les résultats de ces mesures sont donnés par les courbes de la figure ci-après, où les potentiels critiques du dépôt, rapportés à $E_h = 0$, sont donnés en fonction du pH.



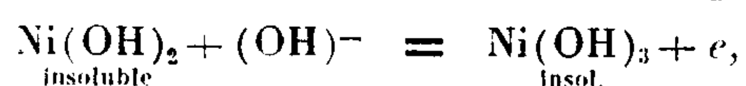
On en tire les conclusions suivantes :

1° Le potentiel critique, à un pH donné, varie avec la nature de l'anode : Pt, Ni, PbO_2.

2° Sur platine et probablement sur PbO_2, où la précision des mesures est médiocre aux pH élevés, le potentiel du dépôt varie, à la température ordinaire, linéairement avec le pH de la solution suivant la loi

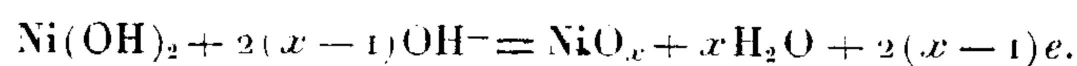
$$E = E_0 - 0{,}059 \, pH = E'_0 - \frac{RT}{F} \ln(OH^-).$$

C'est la loi du potentiel réversible de la réaction anodique



$$\underset{\text{insoluble}}{Ni(OH)_2} + (OH)^- = \underset{\text{insol.}}{Ni(OH)_3} + e,$$

ou, plus généralement,



$$Ni(OH)_2 + 2(x-1)OH^- = NiO_x + xH_2O + 2(x-1)e.$$

Les valeurs mesurées sont cependant bien plus élevées que celles qu'on calcule d'après le point Z (droite en pointillés).

3° La variation du potentiel est également linéaire sur Ni jusqu'aux pH voisins de 12,5, mais elle est plus rapide que dans les cas précédents. Dans les solutions de NaOH N/10 et plus concentrées, le potentiel du dépôt est à peu près constant et très voisin du point F.

Ces faits indiquent nettement que la formation anodique du peroxyde ne s'effectue pas dans des conditions de réversibilité, mais qu'elle est affectée d'une

surtension indépendante du pH sur Pt et probablement PbO_2, variable avec le pH sur Ni. Dès lors l'argument essentiel de Fœrster en faveur de la formation de deux peroxydes définis (existence de deux potentiels) n'est plus valable, et la décroissance continue du potentiel serait à attribuer au retour de l'électrode à un état d'équilibre, par perte plus ou moins rapide d'oxygène actif et disparition continue de la déformation du réseau produite lors du dépôt, déformation qui serait tout au moins en partie à l'origine de la surtension.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Pouvoir mouillant et énergie d'activation d'adsorption sur la cathode à gouttes de mercure.* Note [1] de M. **Xavier Thiesse** et Mlle **Suzanne Belon**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le mouillage d'une surface solide par une solution aqueuse d'un corps tensioactif est en relation avec la formation d'une couche de molécules adsorbées dans un état peu condensé. Il nous a paru intéressant de chercher à relier le pouvoir mouillant à l'*énergie d'activation* du processus d'adsorption sur la surface constamment renouvelée d'une cathode à gouttes de mercure et à un second paramètre : *la dilution spécifique limite.*

1° *Définition d'une constante d'adsorption.* — La détermination de ces deux paramètres est basée sur l'étude de la variation de la hauteur des maxima d'adsorption des polarogrammes en fonction de la concentration du savon dans la solution. Ces maxima ont leur origine dans la couche d'oxygène adsorbé sur la cathode. Si H_0 est la hauteur du maximum maximorum observé pour une concentration nulle en corps tensioactif, l'électrolyte de base étant une solution de ClNa à 50 mg/l, dans de l'eau aérée, et H celle du maximum correspondant à la concentration c, on peut mesurer la désorption de O_2 à t°C. par le rapport

$$\frac{H_0 - H}{H_0}.$$

Les résultats expérimentaux obtenus montrent que la variation de la désorption en fonction de c peut être représentée par la relation

$$\text{Log}\left(1 - \frac{\Delta H}{H_0}\right) = -Kc \qquad \text{ou} \qquad 1 - \frac{\Delta H}{H_0} = e^{-Kc},$$

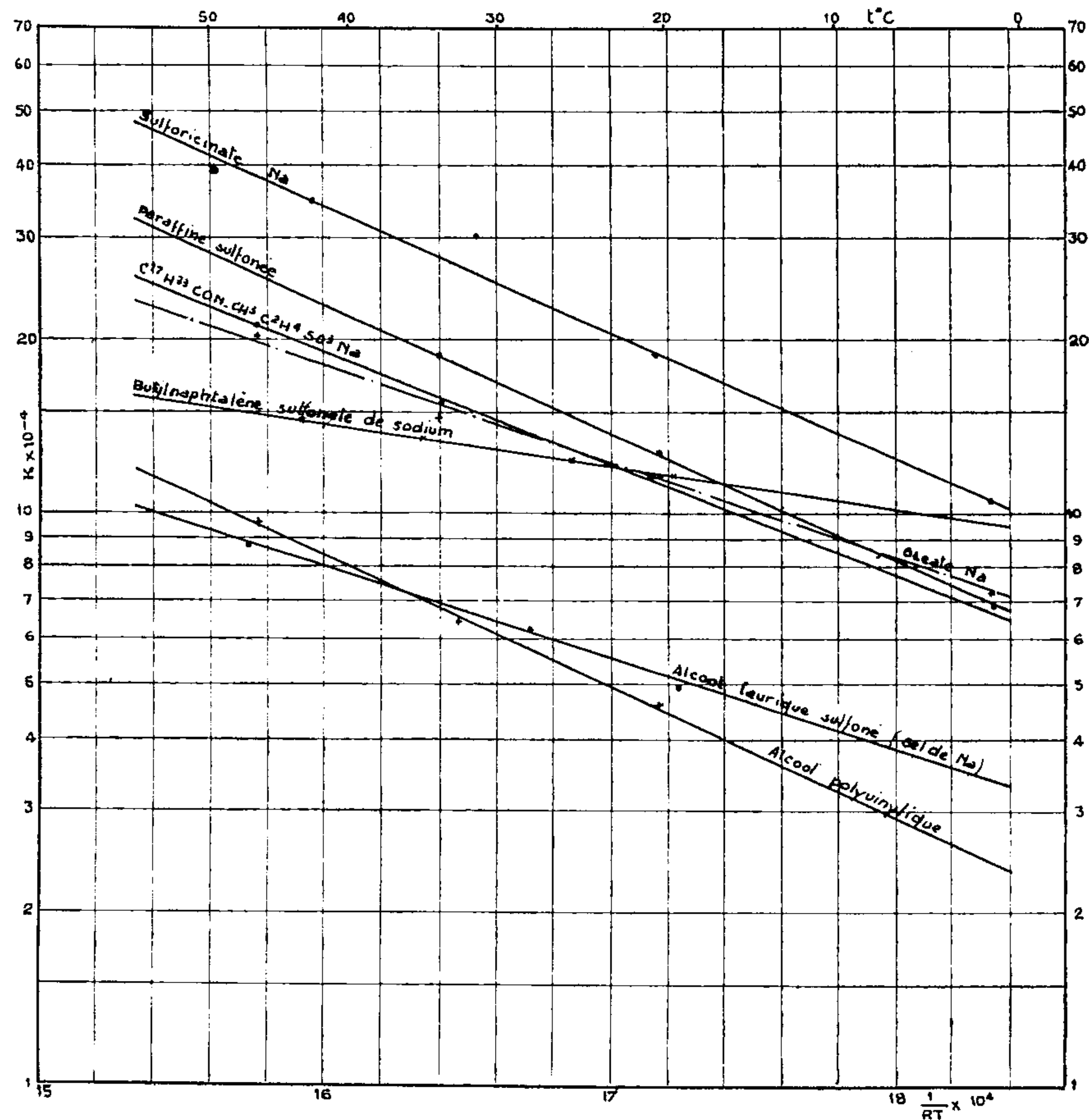
K étant le volume de solution contenant 1g de mouillant et pour lequel $\Delta H/H_0 = 1 - 1/e$. Nous appellerons K *constante d'adsorption* du détersif considéré.

2° *Énergie d'activation et dilution spécifique limite.* — La variation de K en fonction de T peut être représentée par la loi d'Arrhénius

$$K = Be^{-\frac{Q}{RT}},$$

(1) Séance du 7 octobre 1946.

K est l'*énergie d'activation* du processus d'adsorption des molécules organiques sur la surface cathodique, R, la constante des gaz parfaits et T la température absolue. La signification physique de B est simple : c'est le *volume spécifique limite* vers lequel K tend pour des valeurs de T de plus en plus élevées. B et Q sont des constantes physiques définissant pleinement le pouvoir mouillant du corps étudié sur la cathode à gouttes de mercure.



3° *Application au classement de divers produits mouillants.* — On a représenté sur la figure ci-contre les courbes $\text{Log} K = f(1/T)$ relatives à divers mouillants industriels. Les pentes et ordonnées à l'origine des droites obtenues définissent Q et B. Les valeurs tirées des courbes sont données dans le tableau ci-dessous :

Nature chimique des produits étudiés.	Q (cal/g).	B ($cm^3 g^{-1}$).
1. Butylnaphtalène sulfonate de Na	1600	$10^{6,3}$
2. Oléate de Na	3700	$10^{7,85}$
3. Sel de Na de l'alcool laurique sulfoné	3800	$10^{7,5}$
4. $C_{17}H_{33}CONCH_3C_2H_4SO_3Na$	4500	$10^{8,45}$
5. Sulforicinate de Na	5000	10^9
6. Paraffine sulfonée	5200	$10^{8,95}$
7. Alcool polyvinylique (7 % de groupes acétyle).	5200	$10^{8,5}$

Il ressort du tableau que le produit n° 1 a la plus faible chaleur d'activation des mouillants étudiés. L'oléate de Na et le produit n° 3 ont des énergies d'activation très voisines, mais le premier l'emporte sur le second par les nombres obtenus pour Q et B. Les deux derniers corps ont des énergies d'activation identiques, mais ils se différencient par leur dilution spécifique limite qui est supérieure dans le cas du produit n° 6.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mise en évidence par l'effet Raman de* PFClBr *dans la réaction équilibrée de* $PFCl_2$ *sur* $PFBr_2$. *Étude de son spectre Raman.* Note [1] de Mlle **Marie-Louise Delwaulle** et M. **Félix François**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'existence du fluochlorobromure de phosphore PFClBr n'a pas encore été signalée. Les composés $PFCl_2$ et $PFBr_2$ ont été préparés par la méthode de Booth [2]. Nous avons déjà décrit leur spectre Raman [3].

Rappelons que ces spectres sont ceux d'édifices tétraédriques AX_2Y, AZ_2Y, comportant par conséquent six fréquences fondamentales dont deux seulement sont dépolarisées. Nous les avons rattachés d'une part aux spectres des trihalogénures AX_3, AY_3, AZ_3 (une molécule AX_2Y a trois fréquences de valence : deux peu différentes comme position des deux fréquences de valence de AX_3 et la troisième peu différente de l'une des fréquences de valence de AY_3), d'autre part aux spectres des trihalogénures de phosphoryle correspondants $POFCl_2$, $POFBr_2$ (les fréquences de déformation varient peu d'une des molécules à l'autre : de $PFCl_2$ à $POFCl_2$ par exemple).

Quand on mélange à la température ordinaire du $PFCl_2$ et du $PFBr_2$, le spectre du liquide obtenu comporte, outre les fréquences des corps mis en réaction, des fréquences nouvelles.

Parmi celles-ci trois d'entre elles : 161,5 cm^{-1}, 231 cm^{-1}, 302 cm^{-1} se détachent très bien des fréquences de $PFCl_2$ et $PFBr_2$. Elles sont toutes trois polarisées et bien voisines des trois fréquences de déformations 173 cm^{-1}, 233 cm^{-1}, 298 cm^{-1} de la molécule POFCl Br. Elles doivent donc correspondre aux trois fréquences de déformation de PFClBr.

En dehors de ces trois fréquences pointables directement, l'existence de trois autres fréquences se manifeste par une déformation, dans le spectre du

---

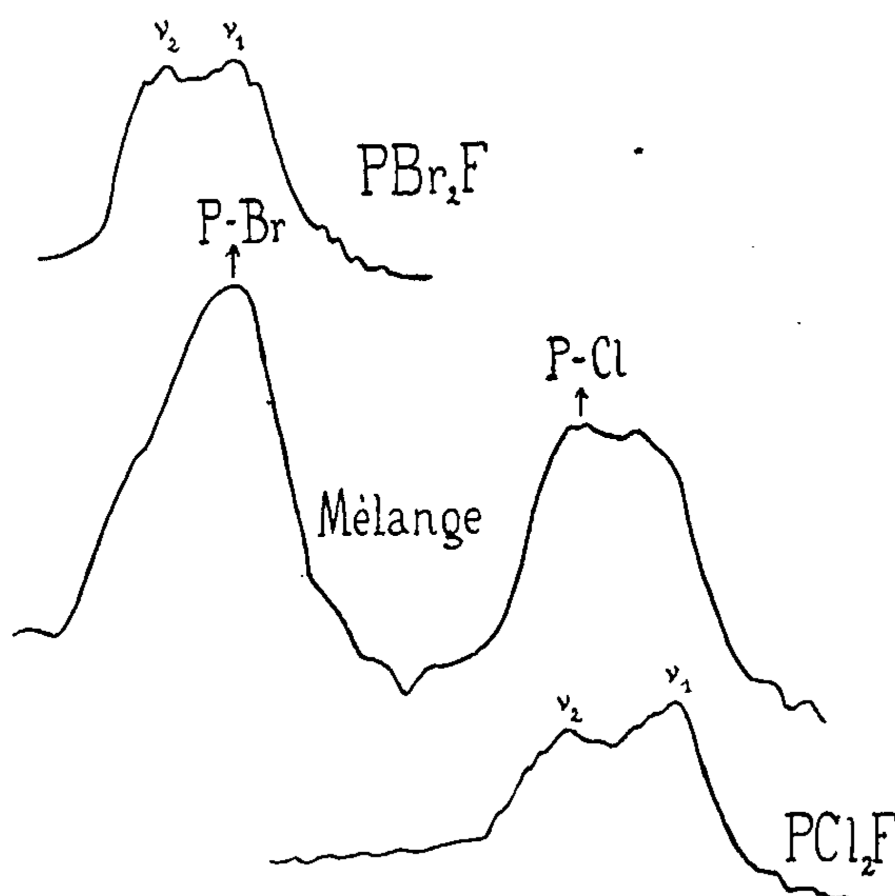
(1) Séance du 4 novembre 1946.

(2) Harold Simmons Booth et Spencer G. Frary, *J. Amer. Soc.*, 61, 1939, p. 2934; Harold Simmons Booth et Abe Roscoe Bozarth, *J. Amer. Soc.*, 61, 1939, p. 2927.

(3) Marie-Louise Delwaulle, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1391; *Société chimique de France*, communication orale, séance du 14 juin 1946 (sous presse).

mélange, des fréquences de valence de $PFCl_2$ et de $PFBr_2$; on constate relativement aux intensités des raies de déformation non perturbées de ces spectres, un renforcement et un élargissement de la raie P-F, le spectre de $PFBr_2$ donnant pour P-F $\nu_3 = 817$, celui de $PFCl_2$ $\nu_3 = 827$. Le spectre du mélange a en plus une fréquence comprise entre les deux, ce qui correspond bien à la liaison P-F dans PFClBr.

La figure ci-dessous qui reproduit une partie de l'enregistrement des trois



spectres de $PFBr_2$, du mélange et de $PFCl_2$ met bien en évidence l'existence dans le spectre du mélange de deux fréquences nouvelles, l'une vers 415 cm^{-1}, l'autre vers 500 cm^{-1}. Ces fréquences, étant donnée leur place, correspondent bien l'une à une liaison P—Br, l'autre à une liaison P—Cl dans la molécule PFClBr.

Le spectre du mélange comporte donc, en plus des raies des deux corps mis en réaction, six fréquences nouvelles, toutes polarisées d'ailleurs, ce qui correspond bien au spectre attendu pour une molécule tétraédrique PFClBr, dépourvue de tout élément de symétrie.

Le tableau encadre le spectre de PFClBr par ceux de $PFCl_2$ et $PFBr_2$. Nous y faisons également figurer les fréquences de valence de PCl_3, PBr_3 et PF_3.

La coexistence des trois spectres de $PFCl_2$, $PFBr_2$ et PFClBr pour le liquide obtenu par le simple mélange de $PFCl_2$ et $PFBr_2$ prouve l'existence d'une réaction équilibrée entre ces composés. Il en résulte que PFClBr ne sera pas isolable à l'état pur. Il est donc moins stable que le composé POFClBr que nous avons pu isoler.

Fréquences en cm^{-1} (Modes de vibration).

PBr_3	ρ...				ν_1. 380 (F) 0,28	ν_{23}. 400 (F) 6/7			P — F	
$PFBr_2$	ρ...	δ_1. 126 (F) 0,45	δ_2. 220 (f) 6/7	δ_3. 257 (M) 0,15	ν_2. 393 (F, l) >0,5	ν_1. 421 (F, l) 0,18			ν_3. 817 (f, l) pol.	
PFClBr	ρ...	161,5 (F) 0,4	231 (F) 0,4	302 (F) 0,2		P — Br 415 (F) pol		P — Cl 500 (F) pol	822 (f) pol	
$PFCl_2$	ρ...	200 (F) 0,45	271 (f) 6/7	327 (M) 0,15			496 (F) >0,5	524 (F) 0,2	827 (f) pol.	
PCl_3	ρ...						ν_{23}. 484 dépol.	ν_1. 511 pol.		
PF_3	ρ...								ν_{23}. 840	ν_1. 890

CHIMIE THÉORIQUE. — *La condition stérique de la mésomérie.* Note de M. **Jean Guy**, présentée par M. Jean Cabannes.

Il n'y a pratiquement mésomérie qu'entre des schémas de valence dont les configurations nucléaires stables sont très voisines. Pour comprendre comment se présente cette importante condition stérique et quelles sont les différences entre mésomérie et tautomérie, il suffit de quelques considérations géométriques simples dans l'espace de configuration de la molécule.

Pour simplifier la présente étude, bornons-nous au cas où seuls deux schémas de valence sont possibles, les fonctions de valence correspondantes étant φ_1 et φ_2. La configuration nucléaire de la molécule peut être représentée par un point de l'espace (A) à 3N dimensions dont les coordonnées sont l'ensemble des coordonnées des N noyaux constituant la molécule. Les fonctions de valence restent définies quelle que soit la configuration nucléaire, et les énergies fictives attachées aux deux schémas,

$$W_1 = \int \varphi_1 H \varphi_1 \, d\tau, \qquad W_2 = \int \varphi_2 H \varphi_2 \, d\tau \qquad \text{(H, opérateur hamiltonien)}$$

varient avec cette configuration, leurs minima ayant lieu respectivement en deux points bien précis M_1 et M_2 de l'espace (A).

En appliquant la théorie de la mésomérie, nous prendrons comme meilleure approximation de la fonction d'onde

$$\Phi = a\varphi_1 + b\varphi_2.$$

L'énergie réelle s'écrira, a et b étant déterminés par les conditions de normalisation et de minimum de la méthode de variation ([1]),

$$E = a^2 W_1 + b^2 W_2 + \underbrace{2ab \int \varphi_1 H \varphi_2 \, d\tau}_{\text{quantité négative}}.$$

Dans cette expression, a, b, W_1, W_2 et l'intégrale d'échange dépendent de la configuration nucléaire. Le problème revient à déterminer le ou les points M de (A) pour lesquels E est minimum.

Étudions en particulier les deux cas suivants : 1° les deux points M_1 et M_2 représentatifs des configurations stables des deux schémas de valence sont éloignés; 2° M_1 et M_2 sont très voisins.

Dans le premier cas, en M_1, W_2 est grand par rapport à W_1, car une liaison au moins du deuxième schéma est devenue ineffective et, s'il s'agit par exemple d'une liaison oxygène-hydrogène (comme c'est le cas lorsque l'un des schémas représente une cétone et l'autre un énol), W_2 aura augmenté d'environ 110 kcal/mol. La condition énergétique implique alors que b est très voisin de zéro. E est égal ou très légèrement inférieur à W_1 au voisinage de M_1. Le contraire a lieu au voisinage de M_2, où E est égal ou très légèrement inférieur à W_2. On ne peut espérer trouver d'autre minimum de E, par suite des valeurs élevées de W_1 et W_2 dans tout l'espace (a) en dehors des voisinages de M_1 et M_2. Nous avons, en définitive, deux configurations stables (M_1 et M_2) séparées par un seuil de potentiel. Il y a possibilité d'existence de deux composés chimiques différents qui seront isomères ou tautomères suivant la hauteur du seuil du potentiel. D'après Eyring ([2]), à la température ordinaire, l'isomérie correspond à un seuil de l'ordre de 20 kcal/mol. Un seuil nettement inférieur indique une tautomérie, car l'agitation thermique en permet alors le franchissement.

Dans le deuxième cas, la distance M_1M_2 est supposée suffisamment petite pour que les variations relatives de W_1 et W_2 soient faibles par rapport aux valeurs absolues de W_1 et W_2, au moins dans un petit domaine connexe comprenant M_1 et M_2. Dans ce domaine, les coefficients a^2 et b^2 restent sensiblement constants, de même que l'intégrale d'échange. Si M_1 et M_2 diffèrent par exemple par la variation de longueur d'une liaison (comme c'est le cas lors de la résonance entre une simple et une double liaison), le long du segment M_1M_2, W_1 et W_2 suivront des lois paraboliques, leurs minima étant situés respectivement en M_1 et M_2. L'énergie E se présente alors comme une somme pondérée de deux paraboles : elle varie également de manière parabolique, avec un

---

([1]) Pour les conditions de la méthode de variation, voir L. PAULING et E. B. WILSON, *Introduction to Quantum Mechanics*, 1935, p. 180.

([2]) *J. Amer Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 3191.

minimum situé entre les minima des deux paraboles composantes. Il y a mésomérie entre les deux schémas de valence et existence d'un seul composé chimique.

Entre les deux cas extrêmes précédents, nous avons tous les intermédiaires possibles. Tandis que dans le premier cas nous trouvons en M_1 un minimum de E par suite de la contribution nulle de φ_2 à la fonction d'onde, pour une distance M_1M_2 moindre, une faible contribution de φ_2 deviendra possible. Il s'ensuit un léger déplacement du minimum considéré qui ne coïncide plus exactement avec M_1. La tautomérie subsiste, mais il faut de plus tenir compte d'une certaine mésomérie. Pour une distance M_1M_2 encore plus petite, les deux minima distincts de E se rapprochent peu à peu, jusqu'à se confondre en un minimum unique (mésomérie pure).

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Influence de l'état de la paroi sur les limites d'inflammabilité des mélanges de méthane ou de gaz naturel avec l'air.* Note de MM. **Guy Pannetier** et **Paul Laffitte**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans de précédentes Notes (¹) nous avons rapporté les résultats de déterminations mettant en évidence la très grande influence de l'état des parois sur les limites d'inflammabilité de divers mélanges de gaz ou de vapeurs combustibles avec l'air. Pour rechercher si ce phénomène était plus général, nous avons entrepris des mesures avec d'autres gaz combustibles. Les résultats rapportés dans la présente Note sont relatifs à du méthane préparé au laboratoire (à partir du carbure d'aluminium) et titrant 99 % de CH_4, et à du gaz naturel de Saint-Marçais (CH_4 : 94; N_2 : 4; H_2 : 0,7; O_2 : 0,5; carbures divers : 0,5).

La méthode expérimentale utilisée est la même que celle qui a été précédemment décrite, et les déterminations des limites faites dans des tubes de verre de 60cm de longueur. Pour les gaz étudiés nous avons retrouvé l'influence notable que manifeste l'état de la paroi interne des tubes sur les valeurs des limites. Ainsi, dans le cas des mélanges de méthane et d'air contenus dans un tube de 20mm de diamètre, il n'y a pas de propagation de la flamme pour les compositions du mélange gazeux inférieures à la limite $l_1 = 5,40$ %, quoique au voisinage et un peu en dessous de cette valeur (par exemple pour 5,35 % de CH_4) on peut observer une flamme ne se propageant pas au delà de 4 ou 5cm des électrodes d'inflammation. Mais si, avant d'introduire le mélange combustible dans le tube, celui-ci a été lavé à l'aide du mélange sulfo-chromique bouillant, puis rincé plusieurs fois à l'eau distillée, et enfin, après dessiccation, vidé à l'aide de la trompe à vapeur de mercure de manière à y réaliser un vide correspondant à une pression de l'ordre de 10^{-3} mm de mercure, on constate que

(¹) *Comptes rendus*, **221**, 1945, pp. 469, 553 et 623.

la flamme se propage alors dans le tube à partir de la limite $l_2 = 4,70$ % et inférieure à l_1. Mais le fait de produire une flamme dans le tube ne permet plus de retrouver la limite l_2. Cette dernière n'est reproductible qu'après avoir traité le tube comme précédemment au mélange sulfo-chromique.

A la limite supérieure les phénomènes sont analogues. Après traitement du tube au mélange sulfo-chromique on trouve une limite supérieure L_2 (12,82 %) qui est inférieure à la limite L_1 (13,72 %) déterminée avec un tube non traité. Ainsi le traitement du tube par le mélange sulfo-chromique déplace les deux limites supérieure et inférieure vers les faibles concentrations en gaz combustible.

Ces phénomènes se retrouvent avec le gaz naturel que nous avons étudié et et pour lequel les résultats numériques obtenus sont rassemblés dans les Tableaux I et II.

TABLEAU I. — *Limites inférieures* (pourcentage de gaz dans l'air).

Diamètre du tube (mm).	Propagation ascendante			Propagation descendante		
	l_1.	l_2.	A.	l_1.	l_2.	A.
25.........	5,41	5,02	7,2	6,24	5,60	11,4
20.........	5,48	5,08	7,3	6,34	5,72	10,8
15.........	6,12	5,20	16	6,45	5,80	11,2
10.........	6,32	5,40	15,5	6,56	5,90	11,2

TABLEAU II. — *Limites supérieures* (pourcentage de gaz dans l'air).

Diamètre du tube (mm).	Propagation ascendante			Propagation descendante		
	L_1.	L_2.	A.	L_1.	L_2.	A.
25.........	15,60	14,42	8,2	14,30	13,65	4,75
20.........	14,60	13,55	7,8	14,08	13,28	6
15.........	12,62	12,54	8,6	13,55	12,82	5,7
10.........	13,04	12,05	8,2	12,91	12,25	5,4

Ainsi, le pourcentage (A) de gaz combustible que l'on doit ajouter à la limite la plus faible (l_1 ou L_1) pour passer à l'autre (l_2 ou L_2) est relativement important, mais il semble qu'il soit sensiblement indépendant du diamètre, sauf pour les tubes de 10 et 15^{mm} de diamètre dans le cas des limites inférieures et pour la propagation ascendante.

Dans ces expériences nous n'avons pu mettre en évidence aucune action de la vapeur d'eau agissant d'une manière analogue à celle que nous avions observée dans le cas de l'oxyde de méthyle. Les résultats obtenus semblent bien dus à la modification de l'état de la paroi consécutive au traitement par le mélange sulfo-chromique, mais les propriétés de la paroi ainsi traitée ne se conservent pas dès qu'une flamme a parcouru le tube.

CHIMIE MINÉRALE. — *Données quantitatives sur l'action mutuelle du chlore et de l'oxyde ferrique.* Note ([1]) de MM. **André Chrétien** et **Philippe Galmiche**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'emploi grandissant du chlore comme agent chimique et comme agent métallurgique renouvelle et amplifie l'importance de la chloruration des oxydes minéraux et des minerais.

La connaissance du phénomène est loin d'être satisfaisante malgré une abondance d'indications bibliographiques, toujours qualitatives et imprécises, incohérentes cependant.

Le cas le plus typique concerne l'oxyde ferrique; le fer est lié à divers métaux dans des minerais estimés : bauxite, ilménite, chromite, warthonite, wolfram. La chloruration permet, suivant les cas, une purification préalable du minerai ou une extraction du métal dilué par volatilité fractionnée des chlorures.

Nous avons étudié la chloruration de l'oxyde ferrique avec tout le soin désirable. La technique est appropriée : du chlore pur passe à débit connu sur une quantité connue d'oxyde ferrique pur (pyrolyse du nitrate) avec analyse quantitative des gaz sortants.

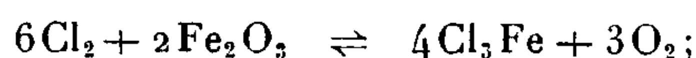
La perte de poids de l'oxyde et le volume des gaz sortants déterminent toutes les données désirables : pressions partielles, volume de chlore admis, coefficient d'utilisation du chlore.

Les valeurs à l'équilibre (débit nul) sont trouvées par extrapolation. La chaleur de réaction s'en déduit ainsi que la constante de la loi d'action des masses. On opère à 700°, 800°, 900° et 1000° dans un domaine de débit étendu de 5 à 250^{cm^3} par minute.

Deux particularités de la technique rendent les mesures précises : admission du chlore sur l'oxyde au moment voulu (un couvercle rodé commandé de l'extérieur peut isoler la nacelle contenant l'oxyde); réception quantitative et mesure du volume gazeux correspondant à la perte de poids de l'oxyde, sous sa pression de sortie, après arrêt du chlorure par refroidissement (gazomètre à commande arbitraire avec compensation automatique des supressions par un dispositif comportant un moteur à champ tournant solidaire d'un relais actionné par un contacteur manométrique).

Voici nos conclusions pour les conditions adoptées :

1° La chloruration donne uniquement du chlorure ferrique non associé et de l'oxygène. Elle est toujours rapide (courbes pression partielle-débit aplaties et peu inclinées).



$$6Cl_2 + 2Fe_2O_3 \rightleftharpoons 4Cl_3Fe + 3O_2;$$

2° La réaction inverse (oxydation du chlorure) est exothermique mais lente. Elle ne se manifeste pas avant 900° et seulement pour les petits débits (moins de 20^{cm^3} par minute). La teneur en oxygène des gaz sortants (dosage) est inférieure à la valeur correspondant à la diminution de poids de l'oxyde, au lieu de l'égaler.

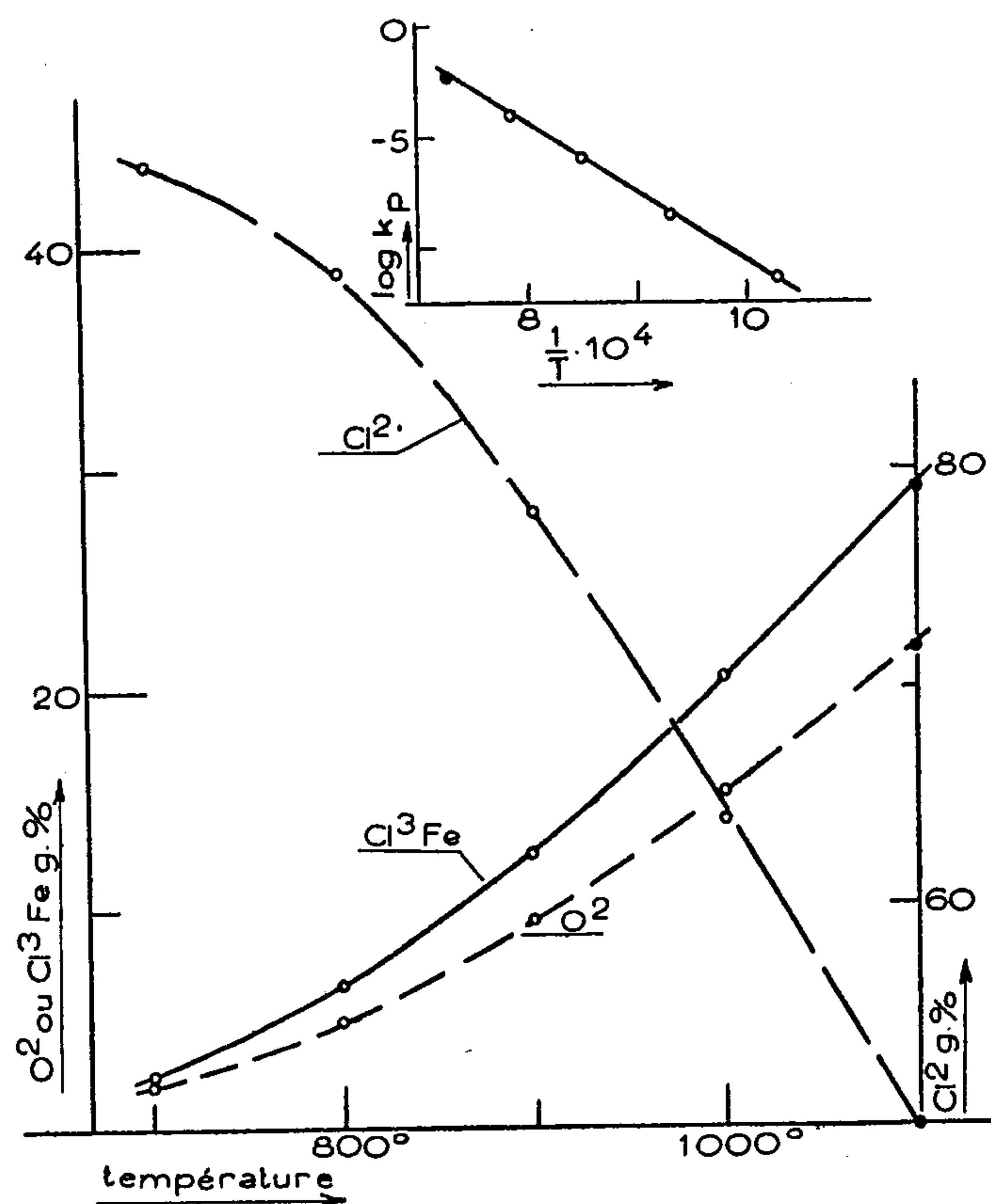
3° La constante d'équilibre $k = [(Cl_3Fe)_4(O_2)_3]/(Cl_2)_6$ passe de $4 . 10^{-12}$ à $1 . 10^{-4}$ quand la température monte de 700 à 1000°.

Dans cet intervalle de température la chaleur de chloruration est $Q = -135000$ cal.

([1]) Séance du 28 octobre 1946.

Le coefficient d'utilisation du chlore à l'équilibre (α) croît rapidement avec la température :

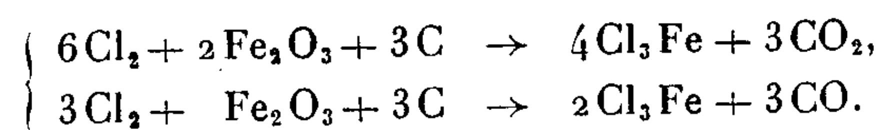
$t°$..............	700.	800.	900.	1000.
α (vol. %)..............	3,8	9,8	19,6	32,4



IV. En présence de charbon (produit R. P.) la chloruration change d'allure : signe thermique inversé, température d'amorçage très abaissée (mélange $2Fe_2O_3 + 3C$: 110°, oxyde de voie humide; 125° ou 350°, oxyde de voie sèche calciné à 400° ou à 1000°), marche accélérée.

L'action du carbone est concomitante de celle du chlore. Elle donne de l'oxyde de carbone et du gaz carbonique; l'oxygène n'apparaît pas. Les expériences, faites dans des conditions variées, s'accordent pour éliminer l'hypothèse d'une action secondaire par fixation de l'oxygène.

La chloruration est ici d'un type différent :



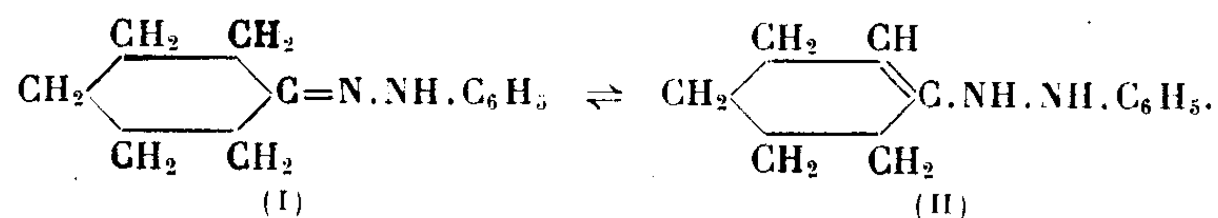
$$\begin{cases} 6Cl_2 + 2Fe_2O_3 + 3C \rightarrow 4Cl_3Fe + 3CO_2, \\ 3Cl_2 + Fe_2O_3 + 3C \rightarrow 2Cl_3Fe + 3CO. \end{cases}$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Remarques sur la réactivité du groupe azométhinique vis-à-vis des organomagnésiens mixtes.* Note (¹) de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'action des organomagnésiens mixtes sur les composés possédant le groupe azométhinique >C=N— a donné lieu à un nombre important de recherches (²), sans qu'aucune règle générale ait été formulée concernant la façon dont cette réaction s'effectue.

J'ai montré précédemment (³) que les organomagnésiens s'ajoutent sur le groupe >C=N— des phénylhydrazones des aldéhydes, tandis qu'ils ne s'additionnent pas sur celui des phénylhydrazones des cétones.

Contrairement à cette règle, la phénylhydrazone de la cyclohexanone (⁴) fixe le réactif de Grignard. Ce désaccord n'est qu'apparent car, en réalité, ce n'est pas sur le corps (I) que réagit le magnésien, mais sur sa forme tautomère (II), en s'additionnant sur la liaison éthylénique, ainsi que j'ai pu le constater par l'étude des produits d'acylation du complexe obtenu en traitant la phénylhydrazone de la cyclohexanone par C_6H_5MgBr



Poursuivant mes recherches sur l'influence de la nature des substituants sur le groupe —HC=N—, j'ai observé que, de façon générale, le remplacement de H de ce groupe par un alcoyle ou aryle est accompagné d'une inertie complète vis-à-vis des magnésiens.

C'est ainsi qu'en faisant agir divers magnésiens sur les hydrazones, oximes et imines de quelques cétones ainsi que sur certains dérivés de ces substances, *je n'ai jamais observé une fixation de ce réactif sur le groupe azométhinique*, quelles que soient les conditions expérimentales utilisées (température, solvant). J'ai seulement observé des isomérisations, des doubles décompositions et aussi des décompositions de ces dérivés azotés sous l'influence des magnésiens.

(¹) Séance du 4 novembre 1946.

(²) Je dois ici signaler plus particulièrement celles de : 1° M. Sommelet, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1338; 2° M. Montagne, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 671; 3° D. Biquard, *Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, **3**, 1936, p. 656; 5, 1938, p. 207; 4° J. Hoch, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1865; **203**, 1936, p. 799; **204**, 1937, p. 359; 5° M. Garry, *Ann. Chim.*, 11ᵉ série, **17**, 1942, p. 5.

(³) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1307.

(⁴) *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 318.

Les composés azotés sur lesquels j'ai fait les réactions précitées ont été : hydrazones et méthyl-, benzyl-, phényl-, acétyl-, benzoyl- et carbamyl-hydrazones, oximes et *o*-benzyl-oximes, imines et éthyl-, benzyl-, phényl-, acétyl-, benzoyl- et phénylcarbamyl-imines des cétones suivantes : acétone (sauf l'imine et les éthyl- et acyl-imines), cyclohexanone, acétophénone, triméthylacétophénone, benzyldiméthylacétophénone, propiophénone *o*- et *p*-méthylpropiophénone, *o*- et *p*-méthoxypropiophénone, benzophénone et *p*-méthyl- et *p*-méthoxy-benzophénone.

De plus, en traitant la 1.2-diméthylglyoxaline par $C_2H_5.MgBr$ et $C_6H_5.MgBr$ je n'ai constaté aucune fixation de ces réactifs sur le groupe $>C=N-$, tandis que l'addition de $CH_3.MgI$ sur le groupe $HC=N-$ de la glyoxaline était connue [5].

Enfin, je dois noter que, bien que la fixation du réactif de Grignard ait été signalée dans le cas de certains composés hétérocycliques [6] (acridine, quinoléïne, isoquinoléïne, pyridine) possédant le groupe $HC=N-$, à ma connaissance, aucune addition de ce réactif sur le groupe $-(R)C=N-$ (avec $R \neq H$) des substances précédentes n'a été signalée.

L'ensemble des faits observés, soit par d'autres auteurs, soit par moi-même, permet l'énoncé suivant. *Le réactif de Grignard peut se fixer sur le groupe* $R.HC=N-$ *présent sur une chaîne ouverte ou dans un cycle. Par contre, il ne peut pas s'additionner sur le groupe azométhinique des composés de la forme* $(R_1R_2)C=N.X.$ [où N trivalent; R_1, R_2 différents de H; R_1, R_2 et X ne contiennent pas des groupes pouvant activer le $>C=N-$] [7].

Remarque. — Il semble que la même influence inhibitrice sur la réactivité du groupe $-HC=N-$ vis-à-vis des organomagnésiens se produit par le remplacement de H de ce groupe, non seulement par un alcoyle ou aryle, mais également par d'autres radicaux [8] (NH.R, CH_3O, Cl etc.).

D'après l'énoncé précédent, les hypothèses proposées jusqu'ici pour l'inter-

---

[5] ODDO et MINGOÏA, *Gazz. chim. Ital.*, 58, 1928, p. 584.

[6] BERGMANN, *Liebig's Ann.*, 483, 1930, p. 80; FREUD et BODE, *Ber. d. chem. Ges.*, 42, 1909, p. 1746; BERGSTROM et MC ALLISTER, *J. Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 2845.

[7] Parmi les groupes activants présents dans les radicaux R_1, R_2 et X je dois signaler le groupe $>C=N-$ lorqu'il est en conjugaison avec le groupe azométhinique. En accord avec l'énoncé général, j'ai observé la fixation du réactif de Grignard sur l'*un seulement* des deux groupes de la dibenzylimine du dibenzile. Je poursuis des recherches en vue de vérifier si l'on peut fixer le réactif de Grignard sur le groupe $>C=N-$ des composés du type $(R_1R_2)C=N.X$, par l'introduction dans les radicaux des groupes activants et par augmentation de la valence de N.

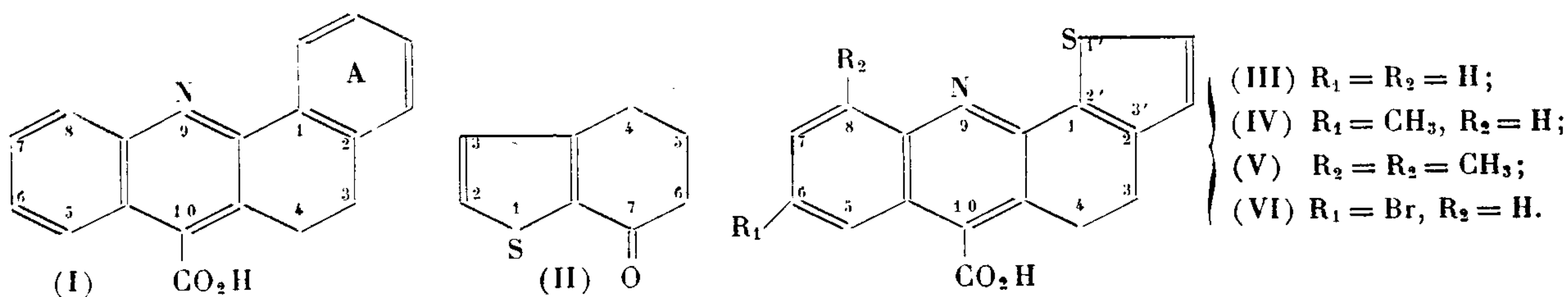
[8] BUSCH et HOBEIN, *Ber. d. chem. Ges.*, 40, 1907, p. 4296; R. MARQUIS, *Comptes rendus*, 142, 1906, p. 711; BUSCH et COLL, *Ber. d. chem. Ges.*, 43, 1910, p. 2553.

prétation de l'action des organomagnésiens sur différents dérivés azotés des cétones et basées sur la fixation du réactif de Grignard sur le groupe $>C=N-$ doivent être écartées. Le mécanisme de ces réactions ainsi que la réactivité du groupe azométhinique en général suivant le nombre et la nature des radicaux auxquels il est fixé feront l'objet d'un Mémoire.

Les résultats obtenus rendent possible la coordination d'un ensemble des faits chimiques et suggèrent en plus une élégante méthode de protection de la fonction cétonique contre le réactif de Grignard, permettant ainsi la préparation, à l'aide de ce réactif, des composés cétoniques possédant diverses fonctions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur des isostères soufrés du tétrophan et de ses homologues.* Note (¹) de MM. **Buu-Hoï** et **René Royer**, présentée par M. Marcel Delépine.

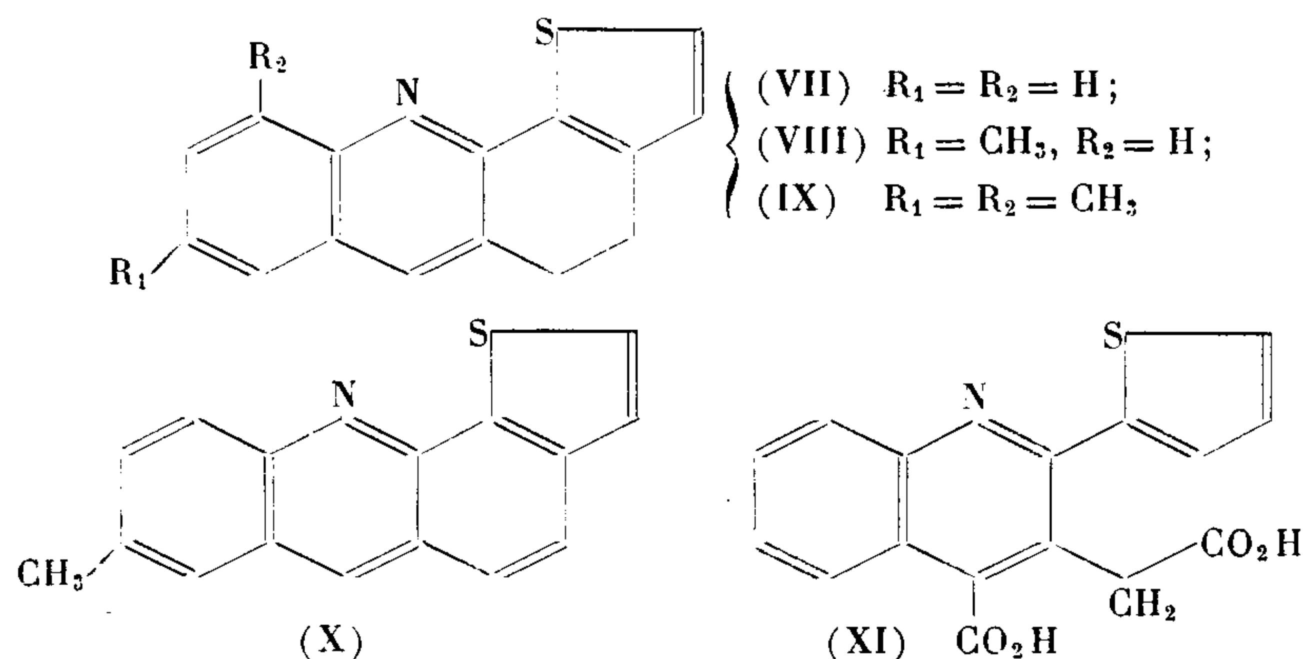
On sait que le tétrophan [carboxy-10 dihydro-3.4 benzo-1.2 acridine (I)] est un puissant excitateur de la contraction musculaire et est utilisé à ce titre dans la thérapeutique du tabès et des myélites. Il était intéressant d'examiner ce qu'il advient de ces propriétés lorsqu'on substitue au noyau benzénique A le noyau du thiophène. Nous avons obtenu aisément un tel isostère en



appliquant la réaction de Pfitzinger à l'isatine et au céto-7 tétrahydro-4.5.6.7 thionaphtène (II); cette dernière cétone a été préparée en partant du thiophène selon les indications de Fieser et Kennelly (²). L'acide dihydro-3.4 thiophéno-(2'.3')-1.2 acridine-carbonique-10 (III) possède des propriétés physiques, chimiques et physiologiques qualitativement analogues à celles du tétrophan. Chauffé fortement, il perd CO_2 en engendrant la dihydro-3.4 thiophéno-(2'.3')-1.2 acridine (VII), base de propriétés assez voisines de celles de la dihydro-3.4 benzo-1.2 acridine isostère. En effectuant la réaction de Pfitzinger avec la méthyl-5 isatine, la diméthyl-5.7 isatine, et la bromo-5 isatine d'une part, et la cétone (II) de l'autre, nous avons préparé respectivement les acides méthyl-6 dihydro-3.4 thiophéno-(2'.3')-1.2

(¹) Séance du 28 octobre 1946.
(²) *J. Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 1611.

acridine-carbonique-10 (IV), diméthyl-6.8 dihydro-3.4 thiophéno-(2'.3')-1.2 acridine-carbonique-10 (V), et bromo-6 dihydro-3.4 thiophéno-(2'.3')-1.2 acridine-carbonique-10 (VI). Les 2 premiers acides ont pu être décarboxylés



respectivement en méthyl-6 dihydro-3.4 thiophéno-(2'.3')-1.2 acridine (VIII) et diméthyl-6.8 dihydro-3.4 thiophéno-(2'.3')-1.2 acridine (IX). La base (VIII) a pu être déshydrogénée en méthyl-6 thiophéno-(2'.3')-1.2 acridine (X), composé isostère du méthyl-6 benzanthracène cancérigène, et de la méthyl-6 benzo-1.2 acridine inactive de ce point de vue.

Enfin, par condensation de Pfitzinger entre l'isatine et l'acide ω-thénoyl-2 propionique, nous avons obtenu l'acide carboxy-4 thiényl-(2')-2 quinoléine-3 acétique (XI), structuralement proche des dérivés précédemment décrits, et dont la décarboxylation conduit à la thiényl-(2'.3')-2 méthyl-3 quinoléine. Le composé (X) est actuellement en cours d'étude au point de vue de ses propriétés physiologiques.

Mode expérimental. — 1° (III) $C_{16}H_{11}O_2NS$. On chauffe au reflux une solution dans 20$^{cm^3}$ d'eau et 80$^{cm^3}$ d'alcool d'un mélange de 3^g d'isatine, 3^g de la cétone (II) et 4^g de potasse pendant 12 heures. On verse dans l'eau, épuise à l'éther la cétone non entrée en réaction, et acidifie à l'acide acétique : le précipité abondant formé (6^g) est cristallisé dans l'acide acétique (très soluble à chaud). On a ainsi de fines aiguilles jaune pâle fondant à 321-322° avec décomposition. — 2° (VII) $C_{15}H_{11}NS$. Obtenu en chauffant (III) vers 320° et distillant sous vide; cristallise de l'alcool en touffes de longues aiguilles soyeuses jaune pâle, F 141-142°, très solubles dans C_6H_6, et donnant une coloration jaune intense avec SO_4H_2. Le *picrate* correspondant [$C_{15}H_{11}NS$, $C_6H_3O_7N_3$] cristallise du nitrobenzène en fines aiguilles orangées, F 221-222° (décomp.). — 3° (IV) $C_{17}H_{13}O_2NS$. Aiguilles jaune clair (de l'acide acétique dans lequel elles sont très peu solubles) fondant à 310° (décomp.); rendement 90 %. — 4° (VIII) $C_{16}H_{13}NS$. Longues aiguilles soyeuses jaune pâle (de l'alcool + benzène), F 171°, peu solubles dans l'alcool; le *picrate* correspondant [$C_{16}H_{13}NS$, $C_6H_3O_7N_3$] cristallise du nitrobenzène en belles aiguilles soyeuses orangé vif, F 245-246° (décomp.). — 5° (X) $C_{16}H_{11}NS$. La base (VIII) est chauffée vers 310° avec la litharge, et le produit de réaction distillé sous vide, puis recristallisé dans le benzène. Magnifiques aiguilles soyeuses jaune clair, à fluorescence verte, triboluminescentes, peu solubles dans l'alcool, F 179-180°. Les solutions alcooliques ont une belle fluorescence mauve; l'acide

sulfurique donne une intense coloration orangée. Le *picrate* [$C_{16}H_{11}NS$, $C_6H_3O_7N_3$] cristallise du nitrobenzène en aiguilles soyeuses brillantes rouge orangé, se décomposant vers 249-250°. — 6° (V) $C_{18}H_{15}O_2NS$. Fines aiguilles jaunâtres (du nitrobenzène), F 247° (décomp.). — 7° (IX). $C_{17}H_{15}NS$. Belles aiguilles soyeuses jaune pâle (de l'alcool), F 138°, donnant une coloration orangée avec SO_4H_2. Le *picrate* [$C_{17}H_{15}NS$, $C_6H_3O_7N_3$] est facilement soluble dans le benzène et en cristallise en aiguilles soyeuses brillantes jaune orangé, F 180-181°. — 8° (VI) $C_{16}H_{10}O_2NSBr$. Cristallise de l'acide acétique en aiguilles prismatiques jaunâtres se décomposant par chauffage au-dessus de 270°. — 9° (XI) $C_{16}H_{11}O_4NS$. On chauffe ensemble 12 heures 7g,2 d'acide ω-thénoylpropionique, 6g,3 d'isatine, et 14g de KOH dans 20cm³ d'alcool et 10cm³ d'eau. On dilue à l'eau après avoir chassé l'alcool, et acidifie à l'acide acétique; le précipité (9g) est cristallisé dans l'acide acétique : on a de fins prismes jaunâtres se décomposant sans fondre en dessous de 315°. Par chauffage fort, on obtient la *quinoléine correspondante* $C_{14}H_{11}NS$ caractérisée par son *picrate* cristallisant du benzène en fines aiguilles jaune vif, F vers 202° (décomp.). La cyclisation de l'acide (XI) sera étudiée dans un autre Mémoire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation de l'isatine et de la méthyl-5-isatine avec le thiachromannone et l'homothiachromannone.* Note de MM. **Paul Cagniant** et **Antonin Deluzarche**, présentée par M. Marcel Delépine.

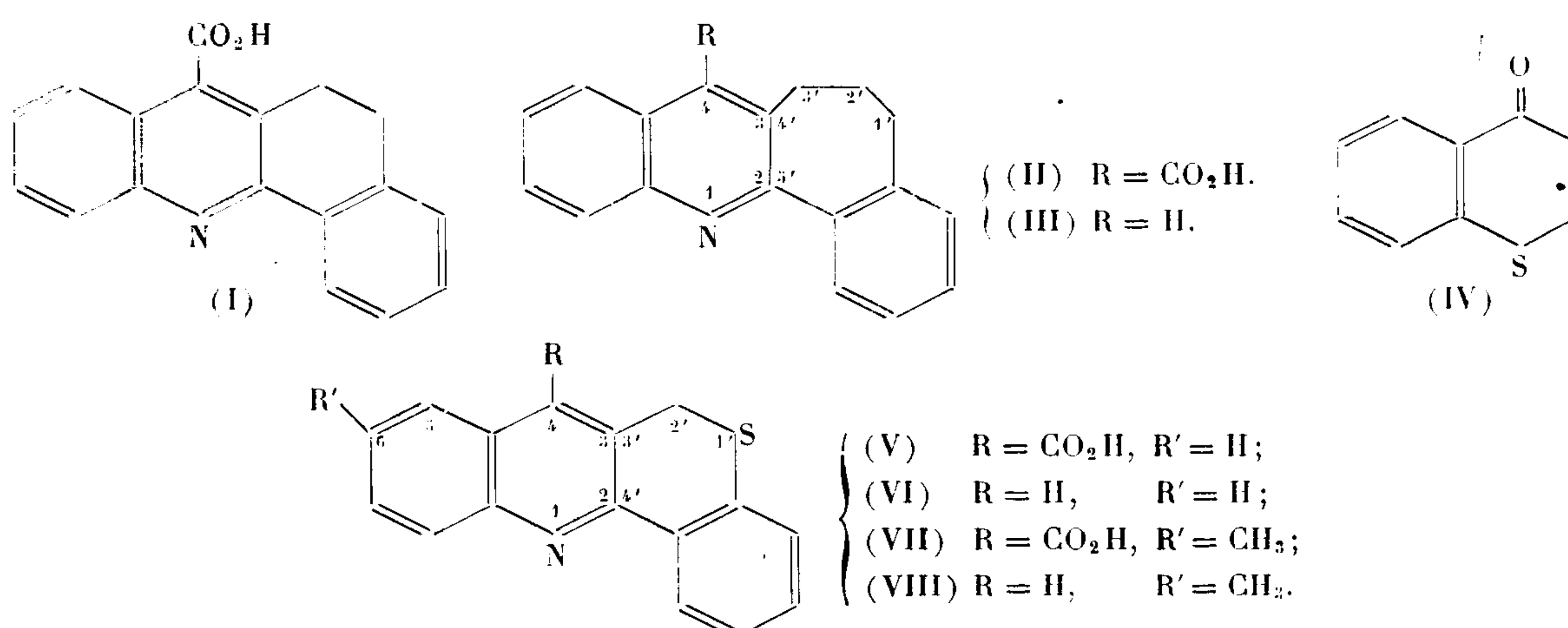
Le tétrophan (I), médicament à action strychninique employé contre certaines maladies de la moelle épinière, a été obtenu par J. von Braun ([1]) en condensant, selon Pfitzinger, l'isatine avec la tétralone-α. Avec la benzosubérone-α le même savant a préparé l'homotétrophan (II), que nous avons décarboxylé en benzosubéréno-(4'.5':3.2) quinoléine (III).

L'un de nous a déjà étudié l'extension de cette réaction à quelques indanones et tétralones substituées ([2]) et à quelques cétones tricycliques ([3]), ([4]). La décarboxylation des acides obtenus a permis d'effectuer la synthèse de nouveaux hétérocycles azotés condensés ([3]), ([4]).

Ces deux réactions de condensation avec l'isatine et de décarboxylation des acides obtenus, étendue à des cétones elles-mêmes hétérocycliques, nous permet, dans le présent travail, de préparer de nouveaux hétérocycles condensés à deux hétéroatomes différents. Ainsi la thiachromannone de Krollpfeiffer et Schultze ([5]) (IV) se condense très facilement avec l'isatine pour donner l'acide thiachroméno-(3'.4' : 3.2)-quinoléine-carboxylique-4 $C_{17}H_{11}O_2NS$ (V). Avec la méthyl-5 isatine nous obtenons l'acide méthyl-6 thiachroméno-(3'.4' : 3.2)

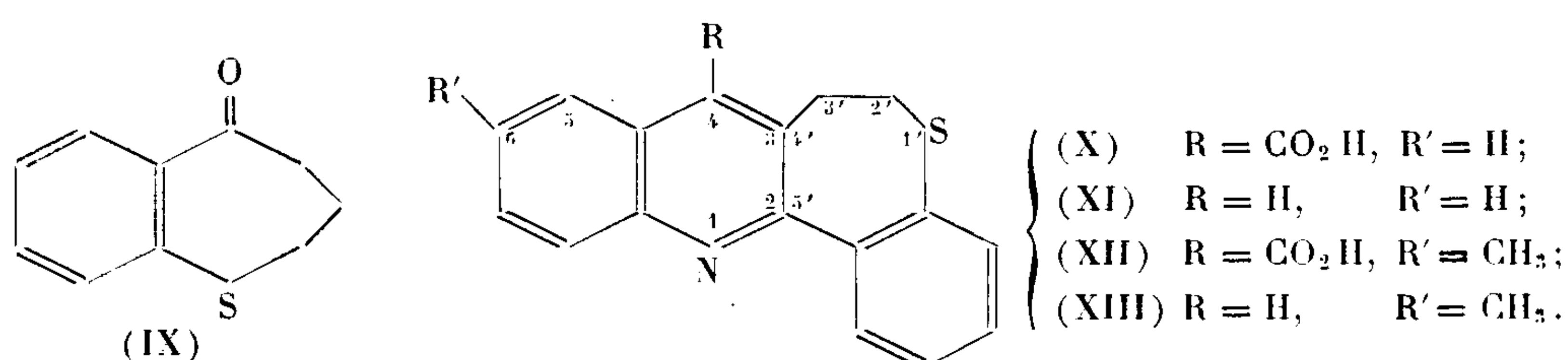
([1]) *Ber. de chem. Ges.*, 55, 1922, p. 3275.
([2]) Buu Hoï et P. Cagniant, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 10, 1944, p. 343.
([3]) Buu Hoï et P. Cagniant, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 144.
([4]) Buu Hoï et P. Cagniant, *ibid.*, 216, 1943, p. 447.
([5]) *Ber. d. chem. Ges.*, 56, 1922, p. 1819.

quinoléine-carboxylique-4 $C_{18}H_{13}O_4NS$ (VII).



Avec l'homothiachromannone ([6]) (IX) nous obtenons de même, avec l'isatine, l'acide homothiachroméno-(4′.5′ : 3.2) quinoléine-carboxylique-4 $C_{18}H_{13}O_2NS$ (X) et avec la méthyl-5 isatine l'acide méthyl-6 homothiachroméno-(4′.5′ : 3.2) quinoléine-carboxylique-4 $C_{19}H_{15}O_2NS$ (XII).

L'étude des propriétés physiologiques de ces acides, comparées à celles du tétrophan et de l'homotétrophan est en cours. Tous ces acides, dont les sels de potassium sont assez peu solubles dans l'eau, se présentent sous la forme de poudres jaunes fondant au-dessus de 300°, de façon peu nette, en se décarboxylant en les bases correspondantes : thiachroméno-(3′.4′ : 3.2) quinoléine (VI), méthyl-6 thiachroméno-3′.4′ : 3.2) quinoléine (VIII), homothiachroméno-(4′.5′ : 3.2) quinoléine (XI) et méthyl-6 homothiachroméno-(4′.5′ : 3.2) quinoléine (XIII). Ces corps, très stables à la chaleur, incolores



ou à peine colorés, cristallisent très bien dans l'alcool et sont solubles en vert dans SO_4H_2 concentré. Les hétérocycles dérivés de l'homothiachromannone sont moins solubles dans les solvants et fondent plus haut que ceux qui dérivent de la thiachromannone.

Nous poursuivons ces recherches dans le domaine des cétones tricycliques soufrées dérivées des thionaphtols α et β.

([6]) P. Cagniant et A. Deluzarche, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 677.

MODE OPÉRATOIRE. — La technique de condensation employée est celle déjà indiquée à plusieurs reprises ([2]), ([3]), ([4]), la durée de chauffage a été de 24 heures pour tous les essais. (III) $C_{18}H_{15}N$, $É_{20}$ 250°, liquide visqueux, faiblement coloré ne cristallisant pas après un mois; picrate : petits cristaux jaune canari, assez solubles dans l'alcool absolu chaud, F instantané 191°. (VI) $C_{16}H_{11}NS$, $É_6$ 245°, paillettes très faiblement colorées, F 99° (alcool); picrate : beaux cristaux jaunes (alcool absolu), F 197°. (VIII) $C_{17}H_{13}NS$, $É_9$ 265°, belles paillettes de couleur légèrement saumon, moins solubles dans l'alcool que (VI), F 146-147°; picrate : belles paillettes jaune d'or, brillantes, F 215-216°. (X) $C_{17}H_{13}NS$, $É_5$ 240°, petits cristaux incolores (alcool), F 145°; picrate : petits cristaux jaunes, F 188-190°. (XIII) $C_{18}H_{15}NS$, $É_5$ 250°, petits cristaux incolores, F 169°; picrates : petites paillettes jaunes, F 202-204°.

Des résultats analogues ont été obtenus en condensant la chromannone et ses dérivés avec l'isatine.

GÉOLOGIE. — *Sur l'influence des pluviaux sur le creusement et le comblement fluviatiles pendant le Quaternaire.* Note ([1]) de M. **GEORGES CHOUBERT**, présentée par M. Charles Jacob.

On admet, que, conformément à la théorie de l'eustatisme glaciaire, les *pluviaux* de l'Afrique du Nord, répliques des glaciations européennes, correspondent *exactement* aux régressions marines et aux phases de creusement fluviatiles, les *inter-pluviaux* aux transgressions et aux phases de comblement.

D'après les courbes de M. Milankowitch ([2]), la durée de chaque régression ne dépasse pas 40000 ans, sauf la régression würmienne dont la durée totale fut de 90000 ans.

En partant de ces considérations on s'explique mal que l'érosion régressive ait pu, pendant des laps de temps si courts, se répercuter d'une façon homogène sur la longueur totale des grands oueds marocains (dont le Dra ayant près de 1000^{km}) qui présentent tous les quatre niveaux habituels des terrasses. En n'appliquant que les lois classiques de l'érosion régressive, on arrive à ce résultat manifestement absurde que le surcreusement régressif du Dra aurait dû reculer de 1^{km} en 49 ans pour avoir le temps d'arriver jusqu'à sa source pendant la durée de chaque régression.

Les oueds du Haut-Atlas comportent également les quatre terrasses classiques tant qu'ils coulent en montagne ([3]). Ils les perdent en entrant dans la plaine du Haouz qu'ils traversent presque à fleur du sol. Leurs cônes de déjections d'âge différent s'emboîtent les uns dans les autres ou se recouvrent mutuellement. En aval de la transversale de Chichaoua, le Tensift, qui draine cette plaine et recueille les eaux de tous ces oueds, s'encaisse à nouveau et l'on

---

([1]) Séance du 21 octobre 1946.

([2]) *Bull. Acad. Royale Serbe,* 1923.

([3]) J. DRESCH, *Recherches sur l'évolution du relief dans le Massif Central du Grand Atlas,* Tours, 1941.

y retrouve la même succession des quatre terrasses ([3]). La plaine du Haouz joue donc le rôle d'un niveau de base local pour les oueds de montagne, dont par conséquent le creusement ne pouvait être influencé par les oscillations du niveau de l'Océan qui ont eu lieu pendant le Quaternaire.

Les systèmes hydrographiques du Guir-Zousfana-Saoura et Ziz-Rheris-Daoura comportent les mêmes terrasses classiques qui prouvent que leur évolution a subi les mêmes phases de creusement et d'alluvionnement que les oueds des bassins atlantique ou méditerranéen. Or la Zousfana et la Daoura se perdent depuis la vidange du lac hammadien (Villafranchien) ([4]) dans le Sahara et ont donc eu pendant tout le Quaternaire des niveaux de base absolument indépendants de celui de la mer.

Ces faits permettent d'affirmer que les phases de creusement ou de comblement des oueds *sont indépendantes des oscillations du niveau marin.* Ils ne dépendent que des alternances climatiques (pluviosité) et sont dus au *régime hydraulique* des oueds, qui en est la conséquence.

On peut donc esquisser le tableau schématique suivant d'un cycle fluviatile : lors d'un *pluvial,* tous les oueds surcreusent leurs lits simultanément sur toute leur longueur. A la fin du *pluvial,* le début du comblement est également un phénomène général; le comblement commence partout par une phase grossière, caillouteuse; puis, pendant l'*inter-pluvial,* la sédimentation fine, limoneuse, devient la règle dans tous les bassins. Ces phénomènes sont, autant qu'on puisse en juger, synchrones sur toute la longueur d'un même oued, ainsi que d'un oued à l'autre.

Cette indépendance du régime des oueds par rapport aux oscillations du niveau de base explique l'irrégularité des altitudes relatives des terrasses fluviatiles qui sont généralement inférieures aux chiffres théoriques établis d'après les terrasses marines : le surcreusement des oueds est moindre que l'amplitude de la régression. Ce phénomène devient particulièrement frappant, pour la régression würmienne, qui a atteint une altitude négative voisine de — 100^{m}. Or, le surcreusement total correspondant des oueds ne dépasse que rarement 15^{m}.

L'action de l'érosion régressive déclenchée par cette dernière régression peut cependant être observée dans les embouchures de la plupart des oueds marocains. Dans le Bou Regreg, par exemple, elle est responsable d'un surcreusement considérable de son vaste estuaire ; il ne se fait plus sentir au delà des carrières de l'Oued Akreuch, où sa valeur devient normale. L'érosion régressive de la régression würmienne, la plus importante et la plus longue de toutes, ne s'est donc fait sentir que sur 10^{km} au maximum (ce qui donne pour la vitesse du recul du surcreusement 1^{km} en 1 000 ans environ).

Les lois d'Alexandre Surell ne doivent donc pas être appliquées aveuglément

([4]) G. CHOUBERT, *Bull. Soc. Géol. Fr.,* 5e série, 15, 1945 (sous presse).

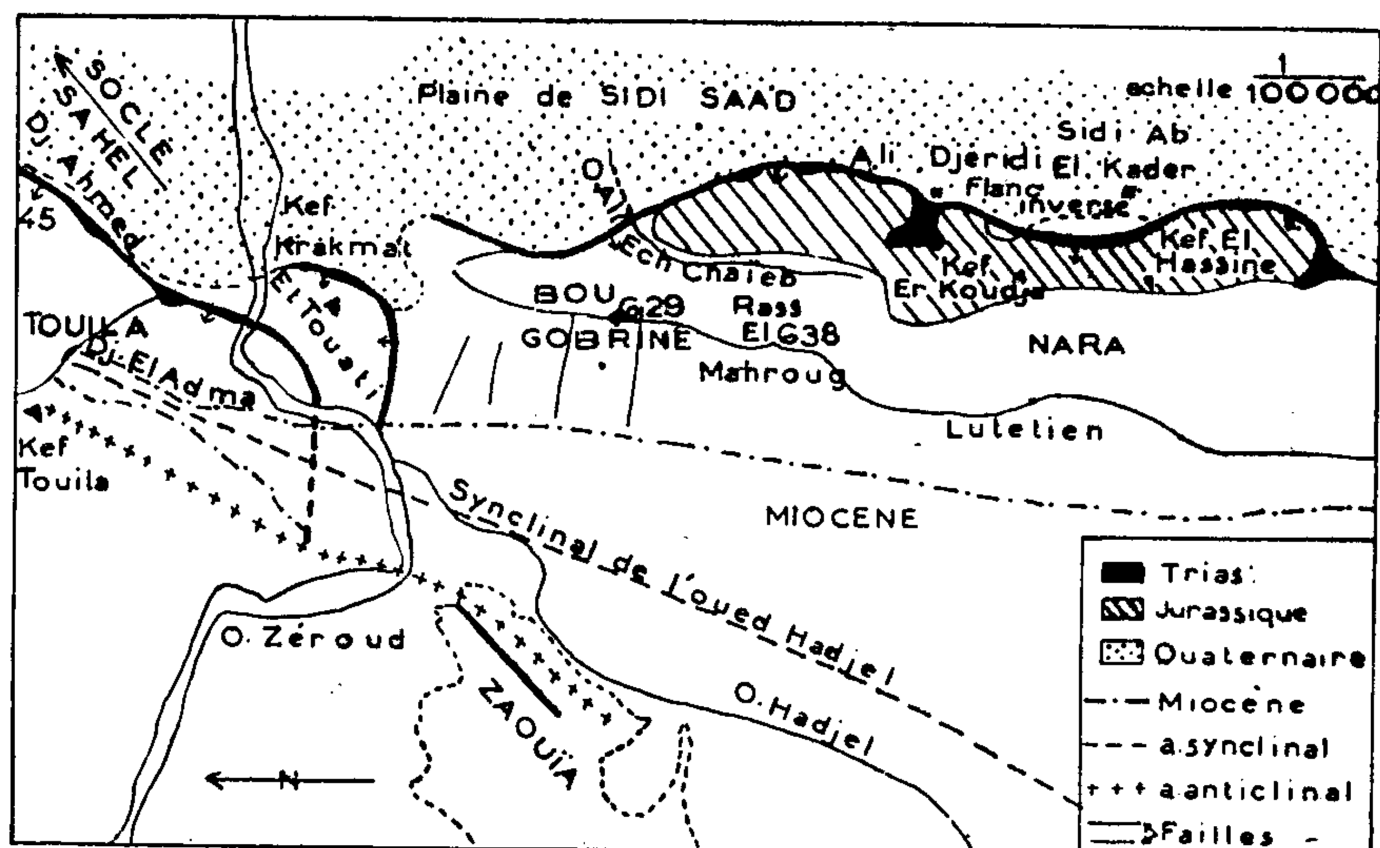
aux cours d'eau importants, tout au moins en Afrique du Nord, où, pendant le Quaternaire, des climats fort différents se sont succédés.

L'interdépendance étroite entre les phases climatiques et le régime de comblement ou de surcreusement des oueds se vérifie également au cours des époques de grandes régressions, comme l'Aquitanien, le Pontien et le Villafranchien. Malgré l'abaissement du niveau de base, c'étaient également les principales phases de comblement continental des bassins internes, dues essentiellement à des causes climatiques.

GÉOLOGIE. — *Structure de la chaîne des Djebels Nara et Touila (Tunisie Centrale).* Note ([1]) de M. **Gilbert Castany.**

Dans la chaîne des plis qui s'étendent du Nara au Touila, nous pouvons distinguer trois ensembles : *a.* la chaîne des Djebels El Attaris, Nara et Bou Gobrine; *b.* le Djebel El Touati; *c.* le massif du Djebel Touila.

a. La chaîne des Djebels El Attaris, Nara et Bou Gobrine, de direction NS, représente le flanc occidental chevauchant d'un *pli-faille* dont le flanc oriental inverse est en partie effondré sous le quaternaire de la plaine de Sidi Saad.



La série, en apparence concordante, du Jurassique au Miocène, de pendage de 40 à 60 degrés Ouest, repose aux Kefs Krakrmat et Er Khoudja, ainsi qu'à Ali Djeridi sur une puissante formation de gypse avec calcaires siliceux au sommet, qui peut être attribuée au Trias. Au Kef Er Khoudja, le gypse probablement triasique du flanc occidental vient, par faille, au contact des calcaires à Gastéropodes du Londinien-Lutétien inférieur. Ces derniers reposent, en concor-

([1]) Séance du 28 octobre 1946.

dance, sur des couches de gypse à intercalations de lumachelles d'âge Lutétien supérieur (*Ostrea Clot Beyei* Bellardi, *O. multicostata* Desh.). Tout à fait à la base affleurent les conglomérats pontiens à pendage de 70 degrés Ouest. Cette série renversée représente le flanc inverse du pli-faille qui, ici, est conservé. A 5^{km} au sud du Kef El Assine, on voit nettement les calcaires gris bleu du Jurassique, superposés, par faille, aux marno-calcaires du Lutétien supérieur à Thersitées. Vers le Nord, au Djebel El Gueffaiat, la retombée anticlinale orientale du Jurassique, plus complète, arrive au contact du Quaternaire de la plaine. Le flanc inverse du pli-faille effondré n'est pas visible. Par places apparaît du Trias intrusif. Sur tout ce territoire les couches dessinent, dans leur ensemble, une voûte anticlinale, de direction NS, mais dans le détail, elles montrent une structure complexe, accidentée de nombreuses failles à faible rejet. Plus au Nord, le Jurassique disparaît à l'Oued Ali El Chaieb, coupé par la grande faille limite qui, au delà, met en contact le Tithonique et le Néocomien du flanc direct du pli avec le Quaternaire. Puis sur le versant Est du Bou Gobrine, seul l'Albo-aptien borde la plaine. Cette structure avec disparition progressive vers le Nord, par cisaillement des étages inférieurs, est due au contre-coup de la poussée développée par la mise en place des écailles du Touati et du Touila qui sont venues chevaucher la terminaison septentrionale du Bou Gobrine.

La structure du pli-faille est simple au Djebel El Attaris, mais à mesure que l'on s'approche du Bou Gobrine, elle se complique de nombreuses failles transversales accompagnées de décrochements dus à la poussée exercée par les écailles du Touati-Touila.

b. Le Djebel Et Touati est une écaille orientée SO-NE, formée des étages albo-aptien au Miocène, avec lacune de l'Aptien supérieur au Suessonien peu épais et transgressif. Le pli dessine, au passage de l'Oued Zeroud, une jolie virgation produite par une poussée de direction NO-SE et due à la présence d'un môle résistant *oriental.*

c. Le massif du Djebel Touila a une structure complexe. Sa partie méridionale, aux Djebels Oust et El Adma, est un *pli-faille* orienté d'abord SO-NE, puis se redresse vers le Nord à hauteur de la ferme de la Fraternité. La faille est bien visible dans la coupe du Djebel Ahmed où elle accuse un pendage de 45 degrés Ouest et met en contact les grès albo-aptiens appartenant au flanc direct et les calcaires à Thersitées du Lutétien supérieur représentant le flanc inverse. Dans sa partie septentrionale, au Kef Touila, la structure se complique. Ce massif résulte, en effet, de la convergence de deux plis, le Nara-Bou Gobrine-Touati à l'Est et le Zaouia à l'Ouest, de direction SO-NE.

Dans son ensemble, le chaînon du Nara-Touila apparaît donc au Sud comme un *pli-faille* à regard oriental résultant de poussées orogéniques orientées. Au Nord du Djebel Bou Gobrine, il se complique, en donnant une structure en écailles due à l'apparition de poussées NO-SE. C'est l'interfé-

rence de ces deux directions de poussées qui explique la complexité de la zone de Bou Gobrine et du Touila.

Ce *pli de couverture* traduit ainsi le jeu oblique d'une fraction du bâti profond et met en évidence l'influence du socle paléozoïque qui, proche au Nord-Est, dans la région du Sahel, a joué un rôle primordial.

GÉOLOGIE. — *Lacunes dans le Callovien et l'Oxfordien au Sud des Cévennes.* Note de MM. **Henri Tintant**, **Maurice Mainguy** et **Maurice Gottis**, présentée par M. Charles Jacob.

Sur la bordure méridionale du massif ancien des Cévennes, repose une belle série jurassique dont les différents termes forment de longues bandes orientées Est-Ouest et donnent naissance à d'importants massifs calcaires : Montagne de la Tessonne au S. W. du Vigan, Montagne des Cagnasses entre Sumène et Saint-Hippolyte-du-Fort (Gard).

Dans cette série avait été jadis signalée une lacune stratigraphique à la base du Jurassique supérieur, notamment à la Montagne de la Tessonne : absence de tout le Callovien pour L. Pellet (1) et A. Jeanjean (2); absence du Callovien inférieur et de l'Oxfordien inférieur d'après G. Fabre (3). Cependant les auteurs les plus récents admettent ici l'existence d'une série continue. Pour Fr. Roman (4), si le Callovien de cette région est réduit, rien ne peut indiquer le voisinage d'une côte. Il n'y a pas lacune de sédimentation. R. Abrard admet lui aussi (5) l'existence d'un Callovien complet à la Tessonne. Mais il pense que le Callovien et l'Oxfordien pourraient être localement envahis par la dolomitisation et, par suite, confondus avec le Bathonien.

A l'occasion de courses pour le compte de la Société nationale des pétroles du Languedoc méditerranéen, nous avons pu étudier cette question de façon très détaillée.

1° A la Tessone, au-dessus de la dolomie bathonienne et séparé d'elle par un hard-ground très net, on trouve un calcaire spathique riche en débris d'Échinodermes et de Lamellibranches, dont le faciès, comme l'a fait remarquer Fabre, rappelle curieusement la dalle nacrée du Jura. Cette couche, épaisse d'environ 4^m, nous a livré : *Macrocephalites macrocephalus* Schlot., *M.* (*Kamptocephalites*) *herveyi* Sow., *Sphæroceras* (*Morrisites*) *bullatum* d'Orb., *Perisphinctes* (*Grossouvria*) *subbakeriæ* d'Orb. Il s'agit donc de la zone à *M. macrocephalus*, et non de la zone à *R. anceps*, comme le pensait Fabre.

Cet horizon, terminé par une surface perforée, est immédiatement recouvert par les calcaires grumeleux et glauconieux de l'Argovien qui nous ont montré ici : *Sowerbyceras*

(1) *Bull. Soc. Scient. Alais*, 1895.
(2) *Mém. Acad. Nîmes*, 1882.
(3) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3e série, 17, 1889, pp. 331-345.
(4) *Trav. Lab. Géol. Lyon*, 5, VI, 1924, p. 6.
(5) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, 6, 1936, pp. 7-10.

tortisulcatum d'Orb., *Perisphinctes variocostatus* Buck. et *Ochetoceras canaliculatum* v. B. Ce serait donc de l'Argovien supérieur (zone à *O. canaliculatum*). L'Argovien inférieur à *Cardioceras* (*Vertebriceras*) *vertebrale* semble faire défaut.

2° Des coupes analogues s'observent dans la partie Ouest de la chaîne des Cagnasses, aux environs de Sumène par exemple, où l'Argovien supérieur recouvre directement la dalle nacrée. Mais ici, on voit en certains points la dolimitisation envahir progressivement celle-ci. Le faciès dolomitique attribué au Bathonien peut donc monter, comme le pensait Abrard, plus ou moins haut dans le Callovien.

Près de Sumène également, sous le Roc de Bane, entre la dalle nacrée et l'Argovien, nous avons trouvé un banc de calcaire marneux à oolithes ferrugineuses, épais de 30cm à peine, mais très fossilifère : *Reineckeia anceps* Rein., *R.* (*Reineckeites*) *douvillei* Steimn., *Cosmoceras gulielmii* Sow., *Perisphinctes* (*Orioniodes*) *orion* Opp, et de très nombreux *Hecticoceras*. Cet horizon, seul représentant de la zone à *R. anceps* dans ce secteur, ne s'observe que sur une longueur de 100m à peine.

3° Le faciès dalle nacrée se prolonge vers l'Est jusqu'aux environs de Saint-Hippolyte-du-Fort. Mais on voit alors le Callovien se compléter vers le haut et passer à des faciès plus marneux. A Vallatoujès par exemple, la dalle nacrée est surmontée par un complexe marneux d'environ 40m d'épaisseur dont la base, plus marneuse, renferme quelques Ammonites pyriteuses indiquant la zone à *M. canizzaroi* de la Voulte, c'est-à-dire l'équivalent méditerranéen de la zone à *P. kœnighi*, tandis que le sommet, plus calcaire, renferme *Reineckeia anceps* et *Erymnoceras coronatum*. Le Callovien est donc complet. Il est surmonté directement par l'Argovien inférieur à *Peltoceras* (*Gregoryceras*) *transversarium* Qu. et *Cardioceras* (*Vertebriceras*) *vertebrale*, extrêmement fossilifère, spécialement à Cazalet, près de Durfort.

Plus à l'Est, vers Anduze et Alais, la dalle nacrée a complètement disparu. La sédimentation marneuse commence dès le Bathonien supérieur (zone à *Strenoceras haugi*) et continue dans tout le Callovien qui augmente considérablement d'épaisseur.

En résumé : 1° la zone à *M. macrocephalus*, représentée par des marnes à fossiles pyriteux dans l'Ardèche et l'Est du Gard, prend, dans la partie occidentale de ce département, le faciès de la dalle nacrée; elle est parfois dolomitisée et se confond alors avec le Bathonien;

2° les horizons supérieurs du Callovien s'amincissent de l'Est à l'Ouest; ils disparaissent à partir de Vallatoujès, exception faite pour l'oolithe ferrugineuse du Roc de Bane;

3° l'Oxfordien s. st. (Divésien de Spath) manque dans toute la région étudiée;

4° l'Argovien inférieur semble également faire défaut à l'Ouest de Vallatoujès.

L'existence d'une lacune stratigraphique à la base du Jurassique supérieur de la bordure méridionale des Cévennes est donc confirmée. Cette lacune, limitée à l'Oxfordien dans la région d'Alès, s'accentue progressivement vers l'Ouest et atteint son maximum à la Montagne de la Tessonne où elle comprend la plus grande partie du Callovien, tout l'Oxfordien et l'Argovien inférieur.

GÉOLOGIE. — *Découverte de roches éruptives ordoviciennes dans les Pyrénées centrales.* Note de M. **Eugène Raguin**, présentée par M. Charles Jacob.

Le Silurien de la zone axiale des Pyrénées au Nord du Val d'Aran se compose de deux termes classiques, les phyllades et schistes quartziteux de l'Ordovicien et les schistes carburés du Gothlandien. En diverses régions, il a été envahi, ainsi que les termes plus récents du Paléozoïque, par des massifs granitiques dont plusieurs sont certainement carbonifères, et par des dykes variés de roches éruptives, émissaires plus ou moins lointains de ces granites. Mais on n'y a pas signalé, semble-t-il, de roches éruptives d'âge ordovicien. Or, dans le massif du Pic de Paragrano et du Pic de Bulard, qui forme limite entre les départements de l'Ariège et de la Haute-Garonne, entre le bassin supérieur de la Bouigane et celui du Ger, j'ai trouvé une coulée importante de rhyolite intercalée dans les assisses supérieures de l'Ordovicien, peu au-dessous du contact du Gothlandien, ou même à ce contact, et plissée avec ces terrains.

La roche ressemble à un grès blanc, fin et homogène, souvent taché de brun par l'altération de petites inclusions de pyrite. Au microscope, elle se révèle être une roche éruptive très feldspathique à petits phénocristaux de quartz et de feldspath et à pâte microgrenue de quartz et d'albite. Les feldspaths sont très séricitisés. La présence d'orthose ne peut être affirmée avec certitude. Une partie de l'albite est peut-être secondaire. Parfois des textures sphérolitiques bien conservées s'observent dans la pâte. Il s'agit manifestement d'une rhyolite altérée.

L'extension du banc rhyolitique est au moins de 3^{km} sur 2^{km}, car on le suit en même position stratigraphique, de la Tucole de Paillère au Col d'Artigascou et au Pic de Paragrano. Sa puissance atteint une trentaine de mètres en plusieurs points. Auprès de l'ancienne mine de Pale de Rase, il supporte une puissante lentille de poudingue à gros éléments de quartzites et roches éruptives, traduisant une phase d'émersion. Au Col d'Artigascou, il se dédouble en deux bancs séparés par quelques dizaines de mètres de phyllades, le banc supérieur supportant directement les schistes carburés du Gothlandien. Ailleurs quelques dizaines de mètres de phyllades séparent le Gothlandien de la rhyolite. Dans le thalweg du Ger, une assise de dolomie massive ou rubanée est intercalée dans les schistes à dix mètres plus bas stratigraphiquement que la rhyolite. Mais un peu plus à l'Est, de la dolomie semble au contraire au-dessus de la rhyolite. Cette rhyolite paraît représenter une ou plusieurs coulées volcaniques, du fait de sa localisation dans les dernières assises ordoviciennes sur une distance importante, et de l'existence d'une phase d'émersion prouvée, au moins localement, au même niveau.

Les travaux de M. Dalloni [1] ont souligné dans les Pyrénées catalanes

---

(1) *Annales Faculté Sciences Marseille*, 26, III, 1930.

l'extension de poudingues dans l'étage Llandilo de l'Ordovicien, de grauwackes à faune néritique et de calcaires zoogènes dans l'étage Caradoc. Poudingues et calcaires sont connus dans l'Ordovicien des Pyrénées françaises à des niveaux stratigraphiques non encore bien déterminés. C'est ainsi que, à quelques kilomètres au Sud de Paragrano, j'ai trouvé aux mines d'Uls des calcaires schisteux à entroques intercalés dans les schistes de la partie supérieure de l'Ordovicien ([2]). M. Dalloni a fait remarquer la généralité de la régression marine indiquée par ces formations dans toute la chaîne des Pyrénées et la Montagne-Noire. Dans cette dernière région, M. Thoral et B. Gèze ont précisé récemment l'existence de légers mouvements orogéniques suivis d'une émersion avant le Caradoc, cette émersion ayant été accompagnée de l'émission de coulées volcaniques rhyolitiques ([3]).

Mes observations confirment l'analogie de l'histoire ordovicienne des Pyrénées et de la Montagne-Noire. Il y a aussi, dans la zone des Pyrénées que j'ai étudiée, une période d'émersion et de volcanisme rhyolitique avant la fin de l'Ordovicien. Cette période est peut-être un peu plus récente, vu le contact éventuel de la rhyolite et du Gothlandien, sans qu'il soit possible de préciser davantage, faute de stratigraphie bien établie dans l'Ordovicien des Pyrénées françaises.

HYDROLOGIE. — *Sur la date du maximum printanier dans le bassin du Tobol.* Note ([1]) de M. **Vladimir Frolow.**

Le Tobol draine près de 1200^{km} de versant Est de l'Oural, comportant deux régions montagneuses séparées par une zone d'inflexion axiale de l'Oural moyen. Cette structure de la bordure marque de son empreinte l'évolution annuelle de l'écoulement dans le bassin du Tobol. La carte accompagnant cette Note permet de mettre en évidence cette caractéristique, ainsi que deux autres, dues, l'une au retard de l'établissement des températures positives qui croît vers le Nord, et l'autre, à l'influence secondaire de l'altitude dans les hauts bassins des affluents.

Les données sur les crues et sur les débits mensuels des cours d'eau du bassin du Tobol se trouvent dans le fascicule 3 du tome V des *Materiali po rejimou rek SSSR*, publié par le Service hydrométéorologique de l'U. R. S. S. Certaines échelles (au nombre de 31) ont des séries assez longues des maxima et de leurs dates; d'autres (au nombre de 21) possèdent des séries plus courtes des débits mensuels moyens, suffisantes pourtant pour le calcul de la composante annuelle (T = 12).

([2]) E. Raguin, *Bull. Soc. Géol. France (C. R. sommaire)*, **14**, 1944, p. 63.

([3]) M. Thoral et B. Gèze, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 891.

([1]) Séance du 28 octobre 1946.



Pour utiliser l'ensemble de ces renseignements il a donc fallu se servir tant de la méthode d'analyse de M. H. Labrouste [en employant la combinaison multiple $S_1 S_2 Z_3 Z_2 (s_1)_{12\,2}$] que de la méthode des séries classées définissant la

valeur médiane. La valeur de la phase inscrite sur la carte est exprimée en jours par rapport à la phase réalisée à Koustanaï sur le Tobol. La date médiane du maximum annuel est inscrite telle qu'elle résulte des séries classées.

Conclusions. — 1° Le régime de la date du maximum annuel est tout d'abord influencé par la latitude. La région du cours supérieur du Tobol est en avance de 50 jours sur la Sosva et de 70 jours sur la Lozva, ce qui donne une différence moyenne de un jour par quinzaine de kilomètres. La décroissance de la phase vers le Nord est une caractéristique primordiale de cette région.

2° Cependant, les riviéres Oui, Isset et Toura sont franchement plus précoces que si la latitude était seule agissante. Le Mias l'est certainement, comme le montre sa phase à Kargopolié (la phase de la composante annuelle est artificiellement retardée aux échelles amont). On notera aussi que les dates indiquées pour le bassin de la Toura se rapprochent de celles trouvées précédemment pour le versant ouest de l'Oural dans cette région, tandis que les autres cours d'eau, qui descendent vers l'Est des massifs plus élevés, montrent un retard dû à cette barrière.

Il y a donc une région assez étendue d'avance de phase et l'on ne peut la rattacher qu'à l'existence de la zone d'inflexion axiale de l'Oural moyen, par où passent les vents d'Ouest et qui reste enneigée moins longtemps. Cette influence du relief atteint 30 jours environ, comme on le voit en examinant la répartition des dates sur la carte.

3° On notera cependant que même dans la zone d'avance de phase on constate un retard relatif vers le Nord. Ce retard relatif est du même ordre de grandeur que ce qui a été indiqué à 1°.

4° L'apport des affluents descendant de la zone d'inflexion axiale de l'Oural moyen est suffisant pour influencer la crue du Tobol, lui-même, qui a la date médiane de son maximum (de même que la phase de la composante annuelle) sensiblement identique à Kourgan et à Yaloutorovsk. La dépression axiale fait avancer la crue de 7 jours à Kourgan et de 10 jours à Yaloutorovsk.

5° L'influence plus secondaire, de l'altitude ressort du fait que le maximum annuel est légèrement plus tardif aux échelles amont du réseau de la Toura par rapport aux échelles situées à l'entrée dans la plaine. Les renseignements altimétriques ne sont pas encore suffisants pour donner une valeur à ce retard qui semble être de l'ordre de 1 à 2 jours par 100^{m} d'élévation dans les conditions de pente du versant Est de l'Oural moyen.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Neutrons solaires et météorologie.* Note [1] de M. **Jean Lacaze**, présentée par M. Charles Maurain.

A diverses reprises [2] j'ai attiré l'attention sur une fuite électrométrique anormale d'origine solaire, d'abord constatée et étudiée à l'Observatoire de

---

(1) Séance du 28 octobre 1946.
(2) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 533.

Tamanrasset, et que j'ai attribuée à une émission neutronique du Soleil, plutôt qu'à l'intervention de l'ultraviolet ([3]).

Or, des chercheurs américains ([4]) ont récemment trouvé un effet des nuages sur les indications des compteurs de neutrons à BF_3 et Be^{10} transportés en avion.

J'ai moi-même constaté cet effet en mai dernier, mais avec un appareillage rudimentaire, qui était le seul dont je pusse disposer (appareillage construit à l'Observatoire de Trappes); il consistait en une lampe-électromètre Mazda, dont la grille polarisée était reliée à un disque métallique horizontal de 10^{cm} de diamètre, supportant une plaque de paraffine de $2^{cm},5$ d'épaisseur. Les protons éjectés de la paraffine par les neutrons ([5]) sont partiellement arrêtés par le disque métallique, dont un microampèremètre traduit les variations de charge. Trois ascensions ont été effectuées, en Junker 88 calorifugé (cabine sans écran hydrogéné), dont une à 4600^m. Les vibrations, d'ailleurs relativement faibles, de l'avion, ne se communiquaient pas au microampèremètre. La plus grande déviation obtenue a été de 12 μA, la couche de fracto-cumulus se trouvait alors à 2000^m, et les cirrus étaient minces et rares. La valeur de départ du courant de plaque a été retrouvée chaque fois à l'atterrissage (vols d'une durée de une heure au-dessus de Brétigny). Le pilote (capitaine J. Israël) a, autant que possible, fait varier la position de son appareil par rapport aux nuages d'eau liquide suffisamment développés que nous rencontrions; leur effet était bien celui qui était attendu (diminution de la déviation lorsque la quantité d'eau atmosphérique au-dessus de l'appareil augmentait).

Agnew, Bright et Froman ([4]) ont fourni une loi numérique concernant la variation des indications i de leurs compteurs, au-dessus de 7000 pieds :

$$i = \frac{1}{e^{0,083.P}},$$

P, pression en millimètres de mercure. Cette loi fournit une courbe dont la pente, entre les altitudes 7 et 8^{km} par exemple, est environ 20 fois celle de la courbe moyenne d'intensité en altitude du *rayonnement cosmique général* ([6]). Il s'ensuit, en raison de l'importance du freinage des neutrons par les corps hydrogénés, que *la répartition des neutrons d'origine cosmique dans l'atmosphère est extrêmement sensible à la répartition de l'eau en altitude*, et, particulièrement, de l'eau substratosphérique ([7]), comme je l'avais déjà remarqué à Tamanrasset ([2]).

([3]) *Archives originales du Centre de Documentation du C. N. R. S.*

([4]) *Physical Review*, 70, july 1946, p. 102.

([5]) P. C. Aebersold and G. A. Anslow, *Physical Review*, january 1946.

([6]) J. Thibaud, *Vie et transmutation des atomes*, 1942, fig. 58, p. 201.

([7]) P. Queney, *Conférence à l'Association française pour l'avancement des Sciences*, 21 octobre 1945.

Les données actuelles de Physique nucléaire ne permettent pas encore d'aller plus loin, avec une sécurité suffisante, dans les considérations numériques, quoiqu'elles confirment ([8]) la loi citée de décroissance avec l'altitude de l'intensité des neutrons rapides cosmiques.

SÉISMOLOGIE. — *Les deux violents séismes de Larissa de 1892 et de 1941 (Grèce).* Note de M. **Ange Galanopoulos**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Sur la base de rapports relativement détaillés sur les effets du violent tremblement de terre du commencement de janvier 1892, je suis amené à conclure que son origine dans un foyer situé sur la ligne de fracture dirigée le long des côtes orientales de Thessalie n'est nullement prouvée.

Au point de vue des effets, ce séisme appartient aux tremblements de terre endommageants (Schadenbeben) et son foyer doit être considéré de deuxième classe.

Si maintenant l'on examine les effets du tremblement de terre du 1er mars 1941, particulièrement dans les lieux les plus endommagés de la ville de Larissa, on remarque en premier lieu que leur importance doit être imputée surtout à la structure exceptionnellement défavorable du sous-sol de cette ville. Il y a lieu, en outre, d'attirer l'attention sur ce fait que la ville a subi à plusieurs reprises d'intenses bombardements, antérieurement au tremblement de terre; à côté des dommages plus ou moins graves infligés aux édifices, ces bombardements ont sans doute provoqué des dislocations dans les substructures de la ville et une diminution de résistance des constructions. L'œuvre destructrice de la secousse séismique était ainsi largement préparée. Ce dernier tremblement de terre a donc agi ici plutôt comme un coup de grâce.

L'opinion ainsi exprimée trouve une justification dans le fait que les villages proches de Larissa, qui eux n'avaient pas subi de bombardements avant la secousse séismique, ont été relativement peu endommagés bien que leurs constructions aient eu une résistance inférieure. Se basant sur cette observation, on pourrait estimer que les effets séismiques sur la ville de Larissa auraient à peine dépassé le 7e degré de l'échelle de Mercalli-Sieberg si Larissa n'avait pas subi de bombardement antérieur et, ainsi, les effets de ce dernier tremblement de terre n'auraient pas été plus graves que celui du commencement de janvier 1892. Délaissant les effets observés sur la ville de Larissa faussés par les bombardements et se basant seulement sur les effets observés sur les villages voisins, on peut penser que l'épicentre du séisme doit être situé plutôt au nord-est de la ville de Larissa, près du village de Macrychori, sur la bordure de rupture occidentale du bassin de Larissa. Étant donné que la partie nord-est

([8]) W. M. Powell, *Physical Review*, 69, may 1946, p. 385.

de la plaine de Larissa a subi un affaissement récent, non encore régularisé, il faut admettre comme probable que les tremblements de terre de Larissa sont à rapporter à des secousses de franchissement brusque d'obstacles locaux au cours de cet affaissement qui n'est peut-être pas terminé.

Il y a lieu de remarquer que tout séismologue qui repousserait l'effet des bombardements antérieurs comme cause de perturbation de la figure séismique, mais qui soutiendrait que les effets vraiment graves observés dans la ville de Larissa exigent l'existence d'un foyer séismique de deuxième classe, en pourrait trouver l'explication dans la structure exceptionnellement défavorable du sous-sol de cette ville justifiant l'apparition d'un noyau séismique d'action agrandie (Erdbebenkern).

Par contre, l'admission d'un tel foyer dans la ville de Larissa ne peut s'expliquer par aucune faille connue, et laisserait inexplicable la faiblesse des dommages infligés aux villages immédiatement proches de cette ville.

HISTOLOGIE. — *Étude biométrique de l'origine des cellules à réserve du post-abdomen des* Polyclinidæ. Note de M. **Jean-Marie Pérès**, présentée par M. Louis Fage.

Les recherches que je poursuis depuis plusieurs années m'ont démontré que les éléments libres de l'hémolymphe des Ascidies proviennent toujours, soit des lymphocytes (éléments sanguins vrais), soit des pseudhémoblastes (éléments pseudo-sanguins), issus eux-mêmes les uns et les autres des hémohistioblastes. La lignée sanguine existe seule, ou à peu près, chez les Ascidies simples, tandis que la lignée pseudo-sanguine domine largement dans l'hémolymphe des *Polyclinidæ*, *Didemnidæ* et *Pyrosomidæ* ([1]).

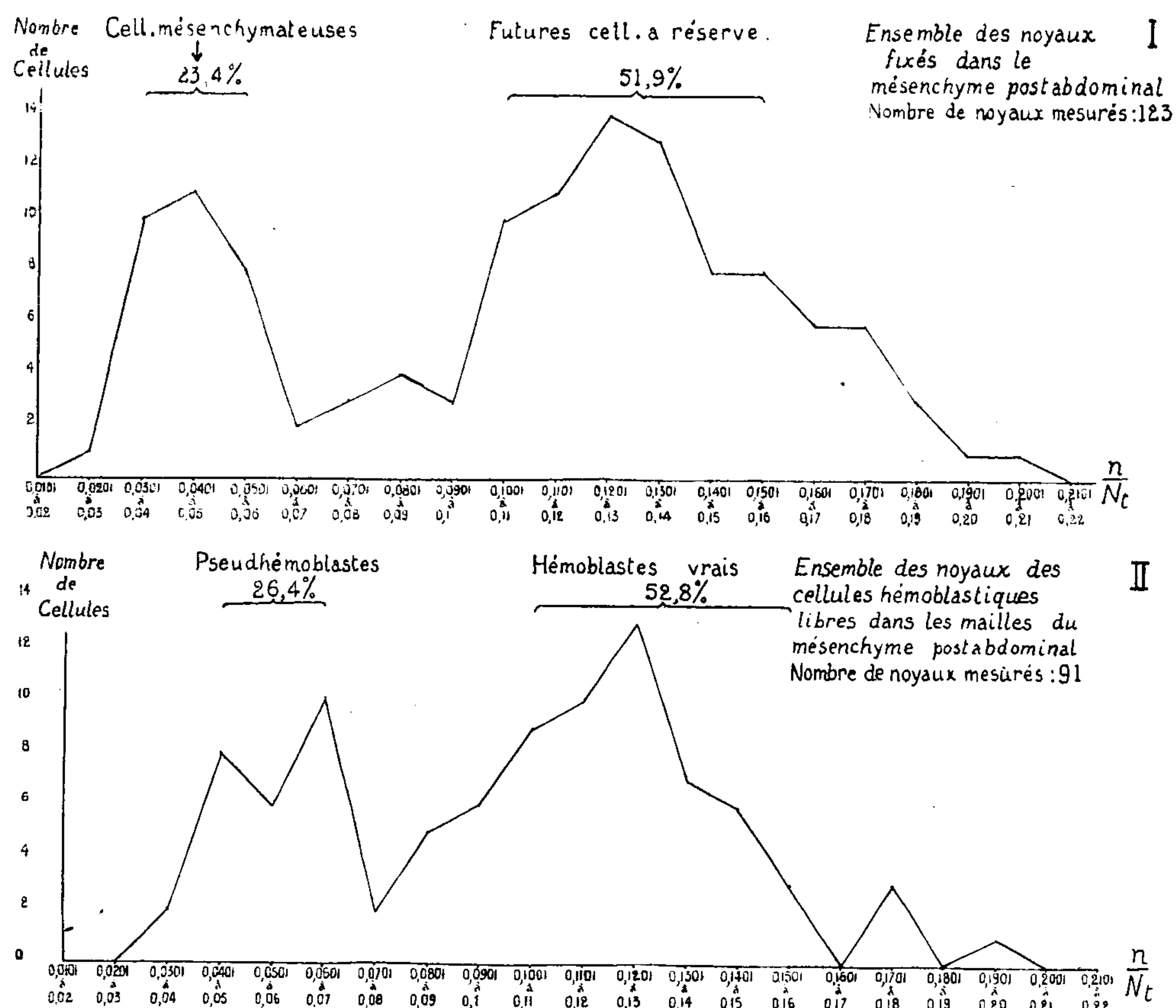
Une seule catégorie d'éléments libres : les cellules à réserve du post-abdomen des *Polyclinidæ* paraît faire exception à cette règle, et les caractères nucléaires de ces éléments, dont Azéma ([2]) a étudié en détail les inclusions cytoplasmiques, m'a suggéré la possibilité de leur filiation directe à partir des hémoblastes vrais.

L'abondance des cellules à réserve du postabdomen est très variable parce que liée au métabolisme des réserves durant la vie de l'ascidiozoïde et son bourgeonnement. Cherchant à observer, chez des zoïdes d'*Amaroucium turbinatum*, encore au début de l'édification de leurs réserves, l'apparition de jeunes cellules à réserve à partir des hémoblastes vrais, j'ai constaté que, chez ces zoïdes, le postabdomen, encore dépourvu de cellules à réserve individualisées, est occupé de part et d'autre de l'épicarde par un réticulum mésenchymateux. Ce mésenchyme postabdominal montre des noyaux assez peu chromatiques,

---

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 644.
([2]) *Ann. Inst. Oc.*, **17**, 1937, p. 1.

pourvus d'un petit nucléole, qui sont ceux des cellules propres à ce mésenchyme, cellules dont j'ai récemment ([1]) précisé l'origine; mais on y observe aussi de gros noyaux pourvus d'un nucléole énorme et à chromatine périphérique assez abondante, noyaux qui sont identiques à ceux des cellules à réserve



classiques. Dans la substance fondamentale du conjonctif, au voisinage de ces noyaux dont le pourtour est assez basophile, se montrent des granulations protéiques assez réfringentes et des vacuoles analogues à celles des cellules à réserve. Il est hors de doute que ces énergides sont des cellules à réserve en puissance, qui n'auront qu'à augmenter leurs réserves et à se dégager du mésenchyme au sein duquel elles ont élaboré leurs inclusions, pour réaliser la forme cellulaire que nous connaissons comme étant celle des cellules à réserve adultes.

La question se pose de savoir quelle est l'origine des noyaux des futures cellules à réserve. J'ai essayé de la résoudre par les méthodes biométriques appliquées aux surfaces de section du nucléole (n) et du noyau (Nt), méthodes dont j'ai donné ici-même un exemple récent ([3]). La présence dans le polygone

([3]) *Bull. Soc. Roy. Zool. Belg.*, 1946 (sous presse).

de variation I de deux maxima montre qu'il y a discontinuité entre les deux types de noyaux inclus dans le mésenchyme, et que le passage graduel des uns aux autres doit être écarté. La possibilité d'une division directe ou indirecte qu'aucune observation cytologique n'appuie est à écarter également, d'autant plus qu'on conçoit mal comment un noyau très pauvre en chromatine et à petit nucléole pourrait se diviser pour donner deux noyaux à chromatine plus abondante et nucléole plus gros. Le polygone de variation II montre [avec moins de netteté que pour *A. pallidum* (²), à cause du nombre plus faible des éléments mesurés] l'existence des deux catégories de cellules hémoblastiques : pseudhémoblastes et hémoblastes vrais. La comparaison de I et II montre que, aux fluctuations près, les maxima des deux polygones sont deux à deux comparables dans leurs valeurs et dans leurs pourcentages : *a.* futures cellules à réserve (I) et hémoblastes vrais (II); *b.* cellules du mésenchyme (I) et pseudhémoblastes (II). Le petit décalage vers l'origine des abscisses pour les cellules du mésenchyme par rapport aux pseudhémoblastes, provient, comme je l'ai déjà signalé (³), de ce que l'immobilisation des pseudhémoblastes dans le conjonctif est suivie d'un léger accroissement de Nt, la valeur de n restant constante ou même diminuant légèrement.

Ces considérations biométriques confirment entièrement les observations cytologiques et permettent d'affirmer que les cellules à réserve prennent naissance à partir d'hémoblastes vrais qui colonisent le mésenchyme postabdominal, et, sous forme d'énergides, y édifient leurs inclusions caractéristiques avant de se dégager de ce mésenchyme pour se réindividualiser en véritables cellules à réserve qui seront utilisées lors de la strobilisation du postabdomen.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *L'innervation des vaisseaux rétiniens.* Note (¹) de M. **Jacques Mawas**, présentée par M. Justin Jolly.

De toutes les circulations locales de l'organisme, celle de l'œil, et plus particulièrement celle de la rétine, est incontestablement la mieux et la plus anciennement connue. Grâce à la transparence parfaite des milieux oculaires, on peut l'étudier sur le vivant sans aucun artifice capable de la modifier. En effet, il y a longtemps déjà que la circulation des globules rouges a été vue directement à l'ophtalmoscope par Cuignet (1866) dans les capillaires de la membrane hyaloïdienne de la Grenouille, puis peu de temps après chez l'Homme. Sans aucune instrumentation d'ailleurs on peut voir entoptiquement sa propre circulation capillaire, comme cela est bien connu depuis De la Hire jusqu'à Fortin. C'est aussi pourquoi depuis Pourfour du Petit et Claude Bernard,

---

(¹) Séance du 21 octobre 1946.

elle fut choisie par les physiologistes comme objet d'étude. Rappelons parmi les nombreux travaux publiés sur cette question, ceux de toute première importance de nos maîtres Morat et Doyon (1890-1892), ceux de P. Bailliart sur la pression artérielle rétinienne et ses variations normales et pathologiques, enfin la constatation faite chez l'Homme par R. Leriche (1920) d'une vaso-dilatation à la suite d'une sympathicotomie péricarotidienne interne.

Comment se fait-il donc qu'une telle circulation, si bien connue des ophtalmologistes qui peuvent l'enregistrer avec une grande précision par la photographie et la cinématographie, le soit si peu des histologistes ? Plus spécialement, comment se fait-il qu'on ne connaisse absolument rien sur son innervation propre. A lire les classiques, la circulation rétinienne serait la seule circulation locale qui échapperait à toute influence directe du système nerveux. Les auteurs des précis ou traités, sans avoir jamais abordé personnellement cette question, sont cependant très affirmatifs à son sujet. C'est ainsi, par exemple, que Magitot conclut dans un livre récent que « contrairement à la choroïde qui possède un abondant réseau vaso-moteur, les vaisseaux rétiniens n'en ont pas ». Et il ajoute pour mieux préciser son opinion qui est celle de tous les classiques : « Les fibres nerveuses péri-vasculaires n'apparaissent qu'en arrière de la lame criblée ».

Il y aurait ainsi au niveau de la rétine antithèse flagrante entre fonction et structure. Cette contradiction entre les données de la physiologie et l'opinion unanimement exprimée par les ophtalmologistes correspond-elle à la réalité ? Nous ne le croyons pas. Les recherches que nous avons entreprises sur des rétines humaines et de mammifères (du Bœuf surtout dont la rétine est très vascularisée) nous ont montré que les vaisseaux rétiniens ne font pas exception à la règle générale. Nous pouvons affirmer qu'ils sont richement innervés et que, par conséquent, pas plus que les autres vaisseaux de l'organisme, ils n'échappent à l'influence du système nerveux dont ils sont et demeurent tributaires comme l'indiquent les constatations suivantes :

1° *Fibres vaso-motrices.* — Il existe autour des vaisseaux rétiniens, et plus spécialement autour des artères, un riche réseau de fibres nerveuses. Ces fibres, qu'on pourrait confondre à un examen superficiel avec celles du nerf optique, en sont cependant indépendantes. Elles se condensent autour des vaisseaux, les entourent et s'enroulent autour de l'adventice, de telle façon à former parfois de véritables bracelets. Elles s'entrecroisent par endroits et semblent se terminer en boutons soit sur, soit dans les parois vasculaires. Elles sont nues, variqueuses, de calibre variable. Lorsqu'un vaisseau principal donne une collatérale, celle-ci entraîne avec elle son propre équipement nerveux qu'on peut suivre jusqu'aux capillaires. C'est dans les couches plexiformes internes et des bipolaires qu'on peut voir ces fibres dans toute leur pureté, sans mélange et sans confusion possible avec les fibres optiques préganglionnaires

dont ces couches sont dépourvues. Il s'agit là incontestablement de fibres vaso-motrices ([2]).

2° *Terminaisons nerveuses sensibles.* — A côté de ces dernières, nous avons à mentionner l'existence dans certains vaisseaux de terminaisons en anse, en peloton simple, ou en forme de trèfle, constituées par de très fines fibrilles qui ressemblent à des terminaisons sensibles et qui en sont en fait.

3° *Terminaisons nerveuses spéciales.* — Nous signalons enfin, sans y insister longuement dans cette Note, car elles méritent une étude spéciale, la présence de terminaisons nerveuses spéciales qui ressemblent à celles décrites par *Golgi* et par *Mazzoni* dans d'autres organes et qui se terminent soit dans la paroi, soit autour d'elle. Ces terminaisons spéciales sont probablement destinées à réagir aux variations de la pression intraoculaire, de façon à maintenir une pression artérielle rétinienne suffisament élevée et une circulation capillaire assez rapide, conditions indispensables à la vie particulièrement intense des neurones rétiniens.

Fibres vaso-motrices, fibres sensitives, terminaisons nerveuses spéciales, voilà ce dont nous pouvons affirmer la présence dans la rétine.

Des techniques plus perfectionnées, de meilleurs objets d'études compléteront sans doute ce nouveau chapitre de l'histologie de la rétine. Tels quels, les résultats acquis, malgré leurs lacunes et leurs imperfections, méritent d'être connus. Nous espérons qu'ils contribueront à la révision de nos connaissances histo-physiologiques dont elles pourront expliquer les divergences et atténuer les contradictions. Dans d'autres domaines, ceux de la thérapeutique et de la neuro-chirurgie, la découverte de l'innervation des vaisseaux rétiniens ouvre des perspectives pleines de possibilités et d'espoir.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Actions vitaminiques* B_1 *et* B_2 *des ptérines et de l'acide folique sur les Rats cæcumectomisés.* Note ([1]) de MM. **Henri Bénard**, **René-Guy Busnel**, **Paul Chauchard**, Mme **Henriette Mazoué** et M. **Michel Polonovski**, transmise par M. Paul Portier.

La vicariance de certaines ptérines avec les vitamines B_1 et B_2 chez le Rat ou le Pigeon, et non chez *Polytomella cæca* ([2]), laissait le champ libre à une explication mettant en cause une synthèse bactérienne vitaminique par la flore du gros intestin de ces animaux. Pour nous rendre compte du bien-fondé d'une

([2]) Est-il nécessaire d'affirmer ici que les fibres que nous venons de décrire n'ont rien à voir avec les Gitterfasern argentophiles, que la méthode d'*Achucaro* met si parfaitement en évidence autour de certains vaisseaux rétiniens, ni avec des fibres névrogliques que les techniques que nous employons ne colorent pas.

([1]) Séance du 26 août 1946.

([2]) R. G. Busnel, P. Chauchard, H. Mazoué, M. Pesson, R. Vieillefosse et M. Polonovski, *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1944, p. 171.

telle hypothèse, nous avons étudié l'action de quelques ptérines sur des Rats privés chirurgicalement de leur poche cœcale, et soumis aux régimes d'avitaminose B_1 ou B_2 de Randoin et Lecoq, et de Randoin, Raffy et Aguirrezabala.

Ayant reçu de l'acide folique de synthèse, que nous devons à l'amabilité de M. Stokstead et de l'Institut de recherches Lederle, nous avons expérimenté, avec cette nouvelle vitamine ptérinique, ainsi qu'avec la lumazine, la xanthoptérine, et l'isoxanthoptérine, à la dose de 50γ *pro die*, en injection sous-cutanée.

Les chiffres ci-dessous résument nos expériences en avitaminose B_2.

	Poids départ.	A vécu	Mort au	Poids terminal.	Gain.	Glycémie.
Témoin négatif normal.	33 g	-	44e jour	28 g	− 3 g	1,65 g ‰
Témoins négatifs cœcumectomisés.	25	−	25	27	+ 2	−
	57	24 jours	−	51	− 6	1,3
	28	−	7	26	− 2	−
Régime de base + 50γ isoxanthoptérine...	64	50	−	70	+ 6	1,07
	48	41	−	39	− 9	1,12
	40	−	58	42	+ 2	−
Id. + 50γ lumazine.	53	52	−	50	− 3	0,56
	35	−	30	28	− 7	−
	37	-	23	27	− 10	−
Id. + 50γ xanthoptérine.	40	−	59	41	+ 1	−
	50	64	−	51	+ 1	0,65
	40	−	19	31	− 9	−
Id. + 50γ acide folique.	50	−	31	39	− 11	−
	53	52	−	58	+ 5	0,60
	41	−	28	31	− 10	−
Régime de base + 20γ B_2.	35	70	−	127	+ 92	0,80
Témoins positifs cœcumectomisés (régime de base + 20γ B_2).	40	−	49	53	+ 13	−
	41		42	41	0	−
	50	47	−	59	+ 9	0,80

On remarque que les Rats cœcumectomisés, dont le régime fut complété par addition de vitamine B_2 (20γ *pro die*), restent carencés en un ou plusieurs facteurs, dont l'alimentation de base a dû être privée au cours de sa purification et dont le besoin se fait sentir après une phase de croissance comparable à celle des témoins normaux. La croissance s'arrête alors et l'on observe une chute rapide du poids, la mort survenant après 45 jours en moyenne. Par comparaison avec l'animal normal, on voit que la flore cœcale synthétise les substances qui manquent à ce régime purifié, car, soumis à ce régime carencé, des Rats normaux recevant 20γ de B_2, arrivent à croître à la moyenne de 2g par jour. Une même constatation se retrouve d'ailleurs chez les Rats témoins négatifs normaux ou cœcumectomisés, l'absence de cœcum accélérant la mort d'environ 40 %.

La glycémie des Rats témoins positifs cœcumectomisés reste normale, ce qui indique bien que la carence dont meurent ces animaux n'est pas une aribo-

flavinose. L'hyperglycémie se manifeste au contraire chez les témoins négatifs où elle atteint jusqu'à 1g,65 ‰.

La lumazine, la xanthoptérine et l'acide folique aux doses utilisées, ont une action variable : les Rats, relativement les plus lourds au départ de l'expérience, survivent le plus longtemps, la lumazine et l'acide folique étant moins actifs que la xanthoptérine. Les animaux soumis à l'une de ces 3 ptérines présentent, après 55 jours d'expérience, une hypoglycémie (0g,55 à 0g,65 ‰) à l'inverse de ce que l'on observe dans la carence en vitamine B_2.

L'isoxanthoptérine possède une action plus accentuée, analogue à celle de la riboflavine. Les courbes de croissance, sans être aussi nettes que celles des témoins positifs, traduisent cependant une augmentation régulière, pendant un certain temps.

Les expériences faites sur les Rats cœcumectomisés en avitaminose B_1 conduisent à des résultats d'une interprétation comparable. Alors que les témoins négatifs, soumis au seul régime de base, mouraient au 27e jour et que les témoins positifs (régime de base + 5γ B_1) survivent avec un gain de poids de 56g au 28e jour, l'addition à ce même régime de base de nos ptérines a conduit aux gains de poids suivants :

+ 5γ d'acide folique : + 17g au 28e jour.

+ 5γ de xanthoptérine : + 20g au 28e jour.

+ 5γ de lumazine : + 29g au 28e jour.

Toutes ces substances ptériniques ont donc une action vicariante nette, quoique moins active, à dose égale, que l'aneurine. Il est vrai qu'il ressortait déjà de nos expériences antérieures ([3]), réalisées avec d'autres substances ptéridiniques que les doses efficaces de ces dernières devraient atteindre de 4 à 20 fois celles de l'aneurine. Mais la quantité de ptérines dont nous pouvions disposer ne nous a pas permis un tel protocole d'expérimentation.

En conclusion, s'il est avéré que ces ptérines ont, chez le Rat cœcumectomisé, une action vicariante de celle de l'aneurine, et si ces résultats confirment la notion d'*homotélie* que nous avions établie antérieurement ([4]) en utilisant d'autres ptérines, la diminution de croissance qu'accusent les Rats privés de cœcum par rapport aux normaux, est en faveur d'une action vitaminique indirecte, par synthèse bactérienne, aux dépens des noyaux ptéridiniques ainsi ajoutés aux régimes de base.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m. A. Lx.

([3]) *Ibid.*, **218**, 1944, p. 609.

([4]) R. G. Busnel, P. Chauchard, H. Mazoué et M. Polonovski, *C. R. Soc. Biol.*, **140**, 1946, p. 50.

ERRATA.

(Séance du 20 août 1945.)

Note de M. *Léo Kaloujnine*, Sur les p-groupes de Sylow du groupe symétrique du degré p^m :

Page 222, ligne 1 en remontant,

lire $\left[-a\Big(x_1+a, x_2+a(x_1+a), \ldots, x_l+a\Big(x_1+a, x_2+a(x_1+a), \ldots, x_l+a(\ldots)\Big)\Big)\right]$,

Page 224,

ligne 2, *lire* $\left[a(s_1, s_2, \ldots, s_l)b\Big(s_1a^{-1}, s_2a(s_1)^{-1}, \ldots, s_la(s_1, s_2, \ldots, s_l)^{-1}\Big)\right]$,

ligne 4, *lire* $\left[a\Big(s_1a, s_2a(s_1a), \ldots, s_l\Big(s_1, a, s_2a(s_1, a), \ldots, s_la(\ldots)\Big)\Big)^{-1}\right]$

(Séance du 5 août 1946).

Note de M. *Jacques de Lapparent*, La géochimie du chemin des profondeurs dans le passage des bauxites aux émeris :

Page 265, ligne 16 du texte, *au lieu de* ce dont on peut s'étonner, *lire* ce dont on ne peut s'étonner.

(Séance du 21 octobre 1946.)

Note de M. *Maurice Séguin*, Structure moléculaire des phényluréthanes :
Page 626, 1re ligne du tableau, *au lieu de* $10^6\,k_m$, *lire* $-10^6\,k_m$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1946.

Faune de l'Empire français. VI. *Coléoptères carabiques de la région malgache* (Première partie), par René Jeannel. Paris, Office de la recherche scientifique coloniale, 1946; 1 vol. 28cm,5.

Auguste Comte. Le prolétariat dans la Société moderne. Textes choisis, publiés par les Archives positivistes. Paris, Maison d'Auguste Comte, 1946; 1 vol. 22cm,5.

Le peuplement entomologique du Rosier, par Robert Hardouin. Paris, R. Foulon, 1943; 1 vol. 24cm (présenté par M. M. Caullery).

Le mimétisme animal, par Robert Hardouin. Paris, Presses universitaires de France, 1946; 1 vol. 24cm.

Que sais-je? Séismes et Volcans, par Jean Rothé. Paris, Presses universitaires de France, 1946; 1 vol. 17cm,5.

Encyclopédie biologique. XXIV. *Les doctrines de Georges Cuvier dans leurs rapports avec le transformisme*, par Georges Dehaut. Paris, Paul Lechevalier, 1945; 1 vol. 25cm.

Diagnoses Algarum novarum post sylloges editionem Descriptarum. Myxophyceæ I. Centuria VIII, par Joseph de Toni. Brixiæ Typis artigian. Sumptibus Auctoris, 1939-1946; 1 vol. 18cm,5.

Generalization of Sundman's fundamental Equality to the Case of more than three Bodies, par Godofredo Garcia. Extrait de *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 28, n° 10, 1942; 1 fasc. 25cm,5.

Sobre el fenómeno giroscópico en el movimiento del proyecdil. Año V. Vol. V. Fasc. III. — *Sobre la regularización del problema plano de los tres cuerpos.* Año V. Vol. V. Fasc. III. — *Sobre una nueva forma de las desigualdades de K. Sundman en el problema de los tres cuerpos.* Año V. Vol. V. Fasc. IV, par Godofredo Garcia. Extracto de las *Actas de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales de Lima.* Lima, 1942. 3 fasc. 25cm.

Universidad Mayor de San Marcos. *Influencia de la rotación del planeta en el movimiento del proyectil en un medio resistente.* n° 429. Año XLI. — *Resolución general del problema balistico comprendiendo las correcciones de esfericidad del planeta, de densidad del medio, de la gravedad y de la acción del viento.* n° 429. Año XLI. — *El problema general de la Balistica Exterior.* n° 432. Año XLIII. — *El problema de los tres cuerpos.* N° 440. Año XLIV. — *La obrà cientifica del señor Profesor George D. Birkhoff.* N° 440. Año XLIV. — *Generalización de la expresión de Lagrange. Generalización de la desigualdad de Sundman, deducida de la homogeneidad de la función potencial y de la función auxiliar de Birkhoff para los problemas de los n cuerpos e infinito número de cuerpos (gas gravitacional o nebulsosa).* N° 443. Año XLV. — *Sobre la regularización del problema plano de los tres cuerpos.* Nos 443-444. Año XLV. — *Sobre la ampliación de las leyes de Newton y de Kepler para explicar clásicamente el corrimiento secular del perihelio de los planetas, la determinación del periodo de la revolución anomalistica y de la revolución sideral.* N° 447. Año XLVI. — *Sobre la integración de la ecuación completa de la difusion y*

su aplicación al estudio de la célula. N° 448. Año XLVI. — *Sobre la integración de la ecuación de la difusión para el caso de una célula esférica.* N° 449. Año XLVI. — *Sobre el estado actual del Sistema Solar Nuevas fuerzas disipativas que actúan además de la atracción universal el Problema de los tres cuerpos, siendo el sistema disipativo.* N° 450. Año XLVI. — *Sobre una nueva teoria cosmogónica.* N° 450. Año XLVI. — *Sobre la intervención en el Sistema Solar además de la atracción universal de fuerza disipativas y de fuerza giroscópicas.* N° 452. Año XLII, par GODOFREDO GARCIA. Extrait de *Revista de Ciencias.* Lima; 13 fasc. 24cm,5.

Id. — *Sur la formule de Stokes dans la théorie de la gravité,* par GODOFREDO GARCIA et ALFRED ROSENBLATT. Extrait de *Revista de Ciencias,* N° 429. Año XLI. Lima; 1 fasc. 24cm,5.

La metrica en un espacio μ-Dimensional. — El problema de los dos cuerpos en el espacio tridimensional en la teoria clasica, par GODOFREDO GARCIA. Extrait de *Revista de Ciencias.* N° 116. Año XXXVIII. Lima, 1936; 2 fasc. 24cm,5.

Rendiconti della R. Accademia nazionale dei Lincei. *Le equazioni generali della dinamica relativista ristretta,* par GODOFREDO GARCIA. Roma, Dott. Giovanni Bardi, 1938, XVI; 1 fasc. 28cm,5.

Mouvement des projectiles autour de son centre de gravité. Sur le mouvement gyroscopique. Mouvement pendulaire des projectiles. Dérivation, par GODOFREDO GARCIA. Lima, 1940; 1 fasc. 24cm,5.

Teoria de las ondas sismicas de lord Rayleigh en medios cristalinos del sistema cubico, par GODOFREDO GARCIA. Extrait de *Publicaciones de la Facultad de Ciencias fisicomatematicas.* N° 143. Buenos Aires, Tomas Palumbo, 1941; 1 fasc. 26cm.

Sobre la regularizacion del problema plano de los tres cuerpos, par GODOFREDO GARCIA. Extrait de *Publicaciones del Instituto de Matematica.* Vol. V. Rosario, 1943; 1 fasc. 25cm,5.

Actas de la Academia Nacional de Ciencias exactas, fisicas y naturales de Lima. Año Séptimo. Vol. VII. Fasc. II. Lima, 1944; 1 fasc. 25cm.

Extracto de las *Actas de la Academia Nacional de Ciencias exatas, fisicas y naturales de Lima.* Año IV. Vol. IV. Fasc. III, 1941. — *Sobre la Representación paramétrica de las ondas elásticas (ondas sismicas) en medios anisótropos en el sistema cristallino exagonal (con isotropia transversal, ondas internas).* — Año VI. Vol. VI. Fasc. I, 1943. *Sobre una generalización de una nueva desigualdad deducida de la función auxillar de K. Sundman generalizada por George D. Birkhoff en el problema de los tres cuerpos.* — Año VI. Vol. VI. Fasc. II, 1943. *Movimiento de un sistema continuo por sola gravitación. Applicación a las nebulosas.* — Año VII. Vol VII. Fasc. I; 1944. *Sobre las leyes de la densidad en las nebulosas en función de la distancia.* — Id. — Fasc. III, 1944. *Generalización de la teoria del Virial.* — Id. — Fasc. V, 1944. *Generalización de la desigualdad de Lagrange-Birkhoff para un sistema disipativo en un campo vecino al newtoneano.* — Año VIII. Vol. VIII. Fasc. II, 1945. *Sobre la integración de la ecuación de la difusión para el caso de una célula esférica.* — Año IX. Vol XI. Fasc. I, 1946. *Forma cardinal canónica de las ecuaciones del movimiento de los tres cuerpos intervimendo además de la atracción universal, fuerzas disipativas y fuerza giroscopicas.* — Id. — *Ecuaciones cardinales y escalares mas generales de la dinámica de los cuerpos con movimientos internos,* par GODOFREDO GARCIA. Lima; 9 fasc. 25cm (présentés par M. P. Montel).

L'énumération transfinie, par ARNAUD DENJOY. Livre I. *La notion de rang.* Paris, Gauthier-Villars, 1946; 1 vol. 25cm.

Notions fondamentales de biochimie à l'usage des candidats aux facultés et écoles de médecine, par CLÉMENT DUVAL. Paris, Gauthier-Villars, 1946; 1 vol. 25cm.

Cinquantenaire de Madagascar. Cinquante années d'efforts scientifiques et sociaux pour le développemant de l'agriculture malgache, publié sous la direction de M. AUGUSTE CHEVALIER. Extrait de la *Revue internationale de botanique appliquée.* Tome XXVI, n° 286 *bis.* Numéro spécial sur Madagascar. Paris, Muséum national d'histoire naturelle. Laboratoire d'agronomie coloniale, 1946; 1 vol. 24^cm.

Les théories moléculaires du pouvoir rotatoire naturel, par JEAN-PAUL MATHIEU. Conférences. - Rapports sur les recherches récentes en physique. Premier volume. Paris, Centre national de la recherche scientifique et Société du Journal de physique, 1946; 1 vol. 25^cm.

La science et l'état planifié, par JOHN R. BAKER, in *Collection civilisation.* Paris, Librairie de Médicis, 1946; 1 vol. 19^cm,5.

Le problème de la signalisation ferroviaire et sa solution rationnelle, par RAYMOND TUOT. Paris, Dunod, 1946; 1 vol. 25^cm.

Commission technique des États et propriétés de surface des métaux. *Journée des États de surface.* Paris, 23-26 octobre 1945. Paris, Éditions de l'Office professionnel général de la transformation des métaux, 1946; 1 vol. 27^cm (présenté par M. A. Portevin).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 NOVEMBRE 1946.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** signale que la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 27 novembre au lieu du lundi 25, jour de la séance publique annuelle de l'Académie des Sciences morales et politiques.

OPTIQUE. — *Remarques sur la magnétophorèse, sur les photons et sur les éléments de symétrie d'un faisceau de lumière polarisée.* Note (¹) de M. **Aimé Cotton**.

Ce numéro des *Comptes rendus* contient (p. 858) une Note de M. Tauzin où l'on trouve d'abord des faits nouveaux se rapportant à la photophorèse étudiée en lumière naturelle, puis des expériences où l'on fait changer l'état de polarisation du faisceau de lumière employé. J'ai pu voir moi-même ces dernières expériences que M. Tauzin a faites, avec un polariseur à champ normal, au Laboratoire de l'Électro-aimant à Bellevue; je désire présenter quelques remarques à leur sujet.

D'une façon générale, l'état de polarisation du faisceau de lumière exerçant son action sur des particules en suspension dans l'air n'a paru exercer aucune influence sur les phénomènes observés. On pouvait s'attendre à constater le contraire. M. Tauzin avait déjà l'intention d'étudier la question, lorsque, à la séance de la Société française de Physique du 17 mai dernier, où il montrait ses expériences en lumière naturelle, M. René Lucas a signalé l'intérêt présenté par l'examen du cas particulier suivant : un faisceau de lumière exerce son action sur des particules, en même temps qu'on introduit un champ magnétique uniforme dont les lignes de forces sont normales à la direction de l'axe du faisceau de lumière employé. Le faisceau de lumière incidente est polarisé rectilignement, et le champ magnétique, uniforme, a ses lignes de force parallèles au vecteur magnétique de l'onde incidente. Si la dissymétrie des causes est nécessaire pour observer des effets dissymétriques, on ne comprend pas pourquoi une particule donnée irait, en suivant les lignes de forces, d'un côté plutôt que de l'autre de ce plan de symétrie.

(¹) Séance du 13 novembre 1946.

Si l'on fait l'expérience, on voit des particules suivre ces lignes, les unes allant vers le pôle nord, les autres vers le pôle sud et, si on la poursuit en notant les sens observés pendant un temps connu, on trouve qu'il y en a en moyenne le même nombre dans les deux sens. Le résultat n'est pas contraire à l'hypothèse d'Ehrenhaft de l'existence de pôles isolés.

Mais il faut se demander, ce me semble, si l'on a eu raison, en indiquant les conditions de l'expérience, au point de vue de la symétrie, de considérer les éléments de symétrie d'un *faisceau de lumière polarisée* : ce faisceau de lumière est formé de photons en mouvement. Or on peut admettre que lorsqu'une particule est frappée par un photon, et que celui-ci cesse de se propager librement, c'est le choc (ce mot étant pris dans le sens le plus général) avec ce photon particulier qui détermine le mouvement de la particule. Il existe une sorte de lumière polarisée pour laquelle on peut imaginer un modèle de photon qui, réalisable ou non, rendrait compte de son état de polarisation. Supposons qu'une charge centrale P soit un électron positif, et qu'autour de P tourne uniformément, suivant une circonférence de rayon très petit, une charge de signe contraire N égale en valeur absolue, telle qu'un électron négatif. Ce modèle tournant est entraîné avec la vitesse de la lumière suivant l'axe du cercle. Le point N décrit une hélice qui est soit droite, soit gauche. Ce modèle supposé a exactement la symétrie d'un faisceau de lumière polarisée circulairement dans un sens déterminé; il en existe deux formes symétriques, l'une droite D, l'autre gauche G.

L'onde associée à ce photon s'introduit d'elle-même; elle a précisément comme période la durée de la révolution de la charge N. Mais il faudrait se demander d'abord si un tel système pourrait être stable, s'il peut satisfaire à la loi de Planck, etc. Il sera fort possible qu'on soit obligé de modifier le schéma proposé, d'introduire des spins résultant de la rotation P et N sur eux-mêmes, ou même d'autres charges. Au point de vue qui nous occupe, il suffira d'admettre que les modèles DG ainsi modifiés auront bien gardé la symétrie indiquée.

Le modèle simple imaginé a bien d'ailleurs déjà quelques propriétés qu'on attribue à un photon réel : il est neutre par exemple dans son ensemble au point de vue électrostatique, et les charges qu'il contient étant toujours au voisinage immédiat de charges de signes opposés, il n'exercera d'actions électrostatiques qu'à des distances très faibles. Pendant que P et N se propagent librement, ils ne produisent aucun champ obéissant à la loi de Coulomb, l'inertie de l'ensemble peut être supposée négligeable. D'autre part M. Louis de Broglie, comme on le sait, a été conduit à voir dans le photon la fusion de deux corpuscules complémentaires rappelant une paire d'électrons positifs et négatifs, susceptible d'annihilation. Dans un cas particulier, celui des photons γ de très grande énergie, Anderson a découvert que lorsqu'un photon rencontre un atome lourd, un électron positif et un électron négatif sont effectivement libérés tous

deux et apparaissent à la fois. Sans doute cette matérialisation ne paraît pas possible s'il s'agit des photons présents dans un faisceau de lumière visible. Mais l'énergie qui était restée latente pendant que la lumière se propageait à partir de la source, n'en est pas moins libérée quand la lumière est absorbée. Il est naturel d'admettre que cette énergie peut être employée précisément à mettre en mouvement le corps absorbant lui-même.

Les effets mécaniques du choc d'un photon par une particule en suspension dans un gaz varieront suivant la façon dont elle est frappée; ils différeront suivant qu'elle est neutre ou bien qu'elle porte des charges électriques; il ne faudra pas être surpris que l'on observe des photophorèses longitudinales des deux signes, ou des mouvements en hélice. C'est seulement dans ce cas, où l'on pourrait distinguer sur la trajectoire un sens de rotation, que l'on pourrait voir une différence entre les effets produits par les chocs de deux photons D et G symétriques.

Supposons maintenant qu'on emploie pour faire l'expérience de la lumière polarisée rectilignement. On peut obtenir cette lumière en superposant des rayons polarisés circulairement dans les deux sens de même intensité ; on peut y admettre encore la présence des deux sortes de photons D et G à la fois, qui s'accompagneraient en gardant une différence de phase constante. Un modèle spécial pour cette lumière polarisée rectilignement pourrait être imaginé encore, mais il comprendrait précisément les deux sortes de photons DG qui existeraient à la fois, et c'est l'un seul qui déterminerait les conditions du choc. On observera encore les mêmes mouvements avec de la lumière naturelle : là encore on pourra admettre la présence, en nombre égal en moyenne, des deux sortes de photons D et G.

Les expériences sur la photophorèse ou la magnétophorèse pourraient ainsi permettre de constater les effets de chocs isolés; elles apporteraient ainsi une preuve expérimentale de cette structure discontinue de la lumière qu'admettent les théories récentes. Quand on fait ces expériences, on peut remarquer qu'à côté des particules dont les mouvements sont bien ceux qui ont été signalés, il y en a quelques-unes qui décrivent des trajectoires imprévues, et cela alors qu'elles étaient cependant très voisines des précédentes. On ne voit pas d'autre part quelle autre méthode physique que celle si sensible imaginée par Ehrenhaft, pourrait mettre de telles actions en évidence.

Les expériences d'Ehrenhaft ne sont pas les premières où l'on ait signalé que des particules visibles pouvaient se mouvoir en suivant les lignes de forces d'un champ magnétique. Je rappelle en effet les travaux sur les rayons magnéto-cathodiques, ceux notamment de Villard et de Gouy. Ces rayons, qui prennent naissance dans des tubes à vide placés dans le champ d'un électro-aimant, ne suivent pas rigoureusement, comme on l'avait cru, les lignes de forces. Leurs propriétés ont été expliquées, notamment par un calcul très simple de Fortin. Les électrons mobiles qui les forment suivent en réalité des trajectoires

hélicoïdales sur des tubes de force de rayons très petits. Ces trajectoires hélicoïdales, analogues à celles des points N considérés plus haut, sont à rapprocher peut-être de celles que M. Tauzin, de même que M. Ehrenhaft, remarque souvent sur les photographies des particules qu'il étudie. On peut se demander si ces hélices ne sont pas produites par les photons, bien plus nombreux, qui viennent passer tout autour et tout près des particules en suspension dans le gaz, mais qui continuent leur route sans être absorbés. Sans doute les obstacles ainsi frôlés ont une masse matérielle relativement considérable, mais leurs vitesses sont incomparablement plus faibles et leurs mouvements pourraient ressembler à ceux qui les ont provoqués.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La notion de dilution pour les solutions macromoléculaires.* Note [1] de M. **Jacques Duclaux.**

On sait que dans les solutions macromoléculaires, l'influence de la substance dissoute n'est en général proportionnelle à sa concentration que si celle-ci est très petite. La notion de solution diluée n'a donc pas le même sens pour une solution macromoléculaire et une solution ordinaire. En pratique, la première doit presque toujours être considérée comme concentrée. Cette anomalie a été justement attribuée par Staudinger à l'influence mutuelle des molécules.

Pression osmotique. — L'influence sur la pression osmotique doit se manifester dès qu'une molécule est gênée dans son mouvement de rotation par les molécules voisines. Cet effet stérique est aisément calculable. Chaque molécule interdit à ses voisines un certain angle solide, d'autant plus grand que leur distance est plus petite. Désignons par ω cet angle interdit évalué en stéradians. Pour des molécules en forme de bâtonnet, de rayon r et de longueur $2l$, sa valeur est :

	Concentration en volume		
l/r.	1/100.	1/1000.	1/10000.
30	3	0	0
100	12	1	0
1000	130	12	1
3000	420	40	4

Ainsi l'angle interdit augmente très vite, à concentration égale, avec l'allongement de la molécule, ce qui est conforme aux résultats de l'expérience. On a souvent des molécules dont la longueur est 1000 fois le diamètre : l'angle interdit commence à prendre une valeur notable pour une concentration en volume voisin de 1/1000, qui est bien celle à partir de laquelle les anomalies apparaissent.

Il résulte de cet empêchement de rotation qu'une solution macromoléculaire

(1) Séance du 13 novembre 1946.

de bâtonnets ne peut être isotrope que si sa concentration est très faible. Lorsque deux molécules sont voisines, chacune des deux interdit à l'autre, au moins en partie, les positions faisant un angle faible avec la ligne qui joint leurs centres; les positions perpendiculaires sont ainsi privilégiées. Les molécules tendront donc à s'orienter parallèlement, d'autant plus qu'elles seront plus longues. Le quasi-parallélisme, indépendant de toute action directe entre les molécules, n'existera bien entendu que dans un domaine très restreint, entouré sans limites précises d'autres domaines de formation identique, différemment orientés.

Une conséquence curieuse de cette orientation est que, dans l'état d'équilibre, les distances moyennes des centres des molécules seront plus petites dans la direction commune de leurs axes que dans les directions perpendiculaires. Ou bien, si l'on arrive à rendre la distribution isotrope, la pression osmotique ne le sera pas, étant plus grande dans les directions perpendiculaires à la direction commune des axes. Cette propriété peut être en rapport avec la contraction musculaire. On sait que la tendance actuelle est d'expliquer l'élasticité et la pression osmotique par les mêmes considérations de probabilité.

Une autre conséquence est que, si la solution n'est pas très diluée, il est impossible que les très longues molécules gardent leur forme rectiligne, car tout l'angle solide dans lequel elles pourraient s'étendre leur est interdit. Elles devront se plier, d'autant plus que la solution sera plus concentrée. Les théories statistiques de la forme des macromolécules, qui sont établies sans tenir compte de cet empêchement stérique, sont par suite sans valeur pratique.

Viscosité. — Dans le cas d'un écoulement laminaire, deux molécules situées dans deux lames adjacentes glissant l'une sur l'autre peuvent se rencontrer et alors leur mouvement sera gêné, ce qui amènera une augmentation de la viscosité. Le nombre des rencontres est calculable. Pour des particules sphériques, il est pratiquement négligeable aux concentrations inférieures à 1 %. Il grandit très rapidement à mesure que la molécule s'allonge. Pour des molécules supposées rectilignes ayant le diamètre de celles de la cellulose, et de poids M, le nombre n de rencontres, en une seconde, dans un volume de 1^{cm^3}, avec un gradient de vitesse égal à l'unité, et la distance d parcourue par une molécule entre deux rencontres consécutives, sont :

M	1800.	18000.	180000.
n	6.10^{17}	6.10^{18}	6.10^{19}
d (cm)	$2,5.10^{0}$	$2,5.10^{-2}$	$2,5.10^{-4}$

L'effet des rencontres sur la viscosité est beaucoup plus difficile à calculer et l'on peut seulement avoir un ordre de grandeur. Pour les mêmes molécules, le travail T transformé en chaleur par le mouvement dans un cube de 1^{cm^3} serait, pour une solution à 1 % en poids, en fonction du poids moléculaire M,

M	1800.	18000.	180000.
T	0,33	330	330000

alors que le travail dissipé par le même mouvement dans le solvant pur serait 0,01. L'accroissement de la viscosité par les rencontres, variant comme le carré de la concentration, serait donc encore pour une concentration de 1/10000 de l'ordre de 1000. Un chiffre aussi élevé n'a jamais été constaté. Il se peut que le calcul approché donne un résultat trop fort, mais certainement pas de plusieurs puissances de 10. L'explication la plus naturelle du désaccord est que les molécules ne sont pas rectilignes. Mais de toute manière on voit que les théories hydrodynamiques qui ont été proposées pour rendre compte de la viscosité des solutions macromoléculaires, et qui négligent les rencontres, ne sont pas applicables en pratique. Il semble bien que, conformément aux idées de Staudinger, les rencontres soient souvent le facteur prédominant. Leur influence s'atténue beaucoup quand le gradient de vitesse est élevé, les molécules ayant alors une orientation privilégiée, tandis que les calculs qui précèdent admettent une orientation rendue isotrope par le mouvement brownien, ce qui ne peut se produire que si le gradient de vitesse est très faible.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez l'*Ervum hirsutum *L.* (Vicia hirsuta *S. F. Gray*). Note de M. **René Souèges**.

Les divisions génériques et spécifiques que l'on a introduites dans les Viciées offrent la plus grande confusion. Certains auteurs font place, dans leurs classifications, aux genres *Faba*, *Lens*, *Ervum*, *Ervilia*, *Cracca*, *Orobus*; d'autres les rejettent pour en faire des sections de genres voisins ou de simples espèces. Pour ce qui est tout particulièrement des *Ervum*, beaucoup de flores font encore état de ce vieux genre linnéen, mais la plupart des systématiciens le font entrer aujourd'hui dans le genre *Vicia*. Taubert (*in* Engler u. Prantl, III-3, p. 350), divise les *Vicia* en quatre sections : *Euvicia*, *Cracca*, *Ervum*, *Ervilia*.

A vrai dire, ces diverses opinions reposent sur des données fort discutables, faisant appel à des dispositions purement organographiques, telles que les dimensions plus ou moins grandes des fleurs, l'absence ou la répartition variable de poils à la surface du style, la forme arrondie ou éperonnée du sommet de la gousse. Il serait vraiment désirable que des caractères plus profonds entrassent en ligne de compte dans cette distribution des genres et des espèces.

L. Guignard ([1]), dans ses recherches sur l'embryogénie comparée des Légumineuses, sépare les *Ervum* des *Vicia* : l'embryon, avant la naissance des cotylédons, se montre cordiforme chez les premiers, il s'élargit en forme de biscuit chez les seconds. Mais ce sont là des caractères encore trop superficiels. Les lois qui président à la marche de la segmentation, qui déterminent la répartition

---

([1]) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6e série, **12**, 1881, p. 66.

des potentialités et livrent ainsi la clé de la constitution fondamentale des organismes fournissent des différences plus précises et vraiment essentielles.

Chez l'*Ervum hirsutum*, comme chez les *Orobus* (²), la cellule embryonnaire proprement dite, *cc*, fille supérieure de la cellule apicale (*fig.* 1 à 3), se segmente transversalement pour donner deux éléments superposés *ce* et *cf* (*fig.* 5, 7, 8), tandis que la cellule *cd*, fille inférieure de la cellule apicale, se partage longitudinalement en deux vésicules haustoriales juxtaposées, qui, avec les deux vésicules produites par la cellule basale, entrent dans la construction d'un suspenseur proprement dit. Les quatre éléments composant les trois étages supérieurs *ce*, *cf*, *cd* dans la figure 8 constituent une tétrade en T renversé,

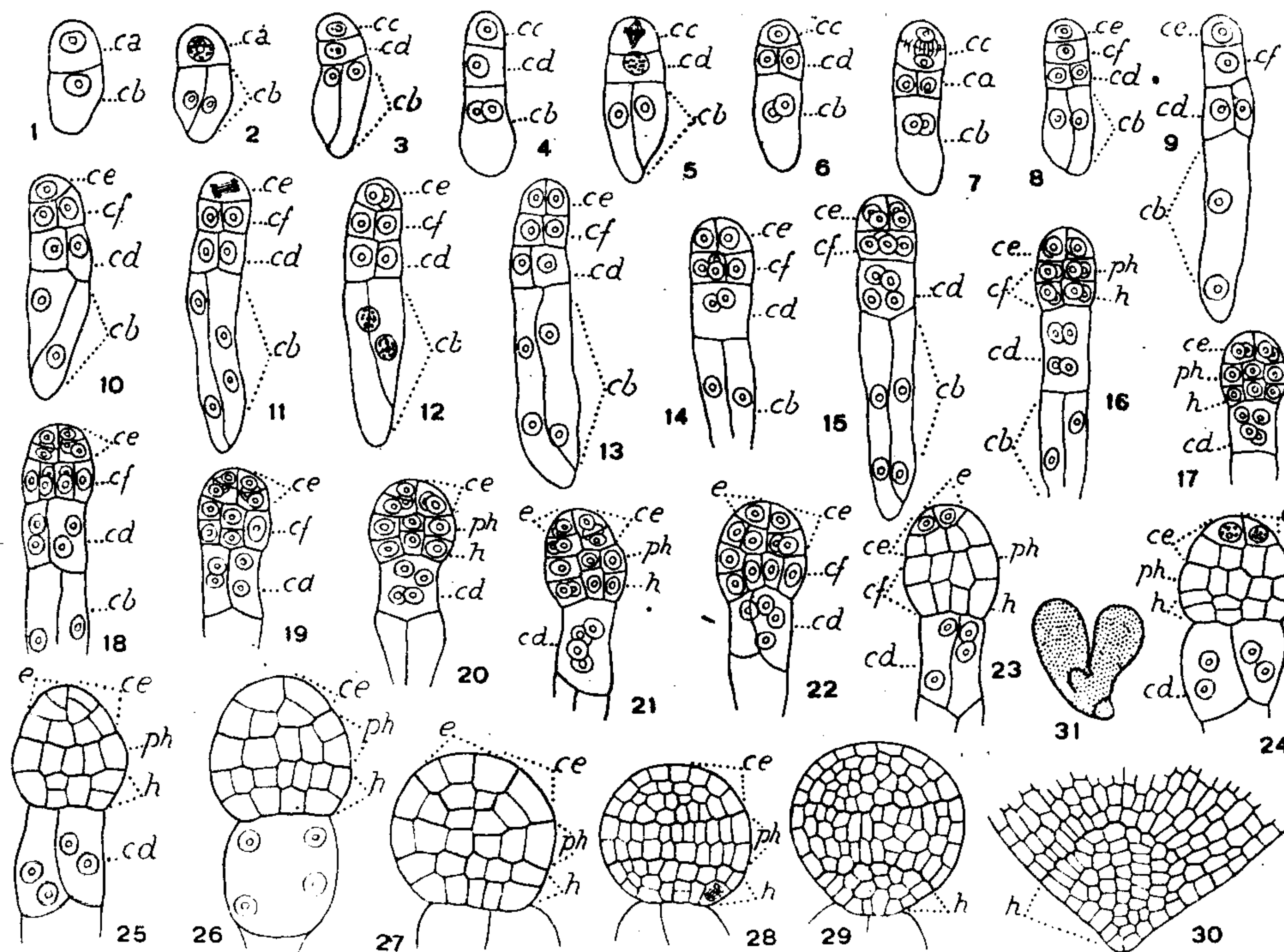


Fig. 1 à 31. — *Ervum hirsutum* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cd* et *cb*, cellule-fille inférieure de *ca* et cellule basale ou les deux paires en superposition croisée de vésicules haustoriales; *cc*, cellule-fille supérieure de *ca* ou cellule embryonnaire proprement dite; *ce*, cellule-fille supérieure de *cc* ou partie cotylée *sensu lato*; *cf*, cellule-fille inférieure de *cc* ou groupe cellulaire qui en dérive; *e*, épiphyse; *ph*, partie hypocotylée; *h*, assise génératrice du groupe hypophysaire. En 31, aspect général de l'embryon d'où est tiré le détail de la figure 30. G. = 300; 150 pour les figures 28 à 30.

que l'on doit considérer comme une tétrade *seconde*; une tétrade *première*, de même forme, se trouve représentée en 3.

Alors que, chez les *Orobus*, l'élément *ce* se segmente, en règle générale, obliquement, chez l'*Ervum hirsutum*, il prend, de manière à peu près constante, une cloison nettement verticale, méridienne (*fig.* 12, 13, 14). La cloison est également verticale dans l'élément *cf*. Les deux dyades superposées résultant de ces deux divisions correspondent à des

(²) R. Souèges, *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 60 et 493.

quadrants. Ceux-ci, par divisions verticales méridiennes, normales aux précédentes, donnent huit octants (*fig.* 15).

Les octants inférieurs se différencient généralement avant les octants supérieurs (*fig.* 14). Souvent, ils se cloisonnent d'emblée transversalement, engendrant ainsi deux étages de 4 cellules circumaxiales (*fig.* 16), représentant déjà les deux assises *ph* et *h*, génératrices de la partie hypocotylée et de la zone hypophysaire. Dans d'autres cas, des cloisons longitudinales précèdent, dans les octants inférieurs, les parois transversales (*fig.* 18, 19, 22). Les deux assises *ph* et *h* sont définitivement différenciées en 23; des segmentations longitudinales et transversales se produisent ensuite à leur niveau (*fig.* 24 à 26); peu après, la segmentation devient irrégulière et les groupements cellulaires qu'elles engendrent ne peuvent que difficilement être distingués l'un de l'autre (*fig.* 29).

Dans les octants supérieurs, en règle très générale, les divisions sont anticlines à direction horizontale (*fig.* 18 à 21), très rarement périclines (*fig.* 26 à d.). Elles font apparaître, au sommet, autour de l'axe, un groupe de 4 éléments correspondant à une épiphyse (*e*, *fig.* 21 à 24); les 4 éléments placés au-dessous représentent la partie cotylée proprement dite. En 25, on peut assister aux premières segmentations du groupe épiphysaire; elles sont parfois périclines, isolant directement, vers l'extérieur, les initiales de l'épiderme de la tige. C'est à ce mode de cloisonnement transversal des quatre octants supérieurs et à l'étirement en pointe de la partie supérieure, qui en résulte, que l'on doit attribuer l'aspect cordiforme que prend, à ce stade, le corps embryonnaire (*fig.* 23 à 26). Les histogènes ne se montrent différenciés que fort tard, après la naissance des protubérances cotylédonaires; les tissus apparaissent bien séparés à l'extrémité radiculaire, sauf toutefois au voisinage de l'axe, où les initiales se confondent dans un petit nombre de séries cellulaires verticales.

En résumé, chez l'*Ervum hirsutum*, comme chez toutes les Viciées examinées jusqu'ici, la cellule basale, *cb*, et la cellule-fille inférieure de la cellule apicale, *cd*, engendrent un suspenseur proprement dit constitué par deux paires superposées de vésicules haustoriales; comme chez les *Orobus*, la cellule-fille supérieure de la cellule apicale, *cc*, se segmente transversalement pour donner deux éléments superposés, *ce* et *cf*. Le mode de cloisonnement de l'élément *ce*, oblique chez les *Orobus*, nettement longitudinal chez l'*Ervum*, sépare les deux genres. Il permet de faire de l'*Ervum* un type embryonomique nouveau représentant le mégarchétype VI dans le 11e groupe embryogénique de la classification périodique.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Note préliminaire sur la présence d'un pigment respiratoire chez le* Septosaccus Cuénoti (*Dubosq*). Note de M. **Charles Pérez** et Mlle **Claudette Bloch-Raphaël**.

Septosaccus Cuénoti est un Rhizocéphale, parasite du Pagure *Diogenes pugilator*. Adulte, il se présente comme un sac viscéral externe à l'hôte, prolongé à l'intérieur de celui-ci par un système de racines que seule une dissection très fine permet de distinguer. Leur description morphologique et anatomique a fait l'objet de travaux antérieurs de l'un de nous (1). Dans le sac, une mince couche

(1) Charles Pérez, *Titres et travaux scientifiques*, Fasc. II, Paris, 1935.

de chitine recouvre un manteau entourant une masse de cellules conjonctives. Parmi celles-ci on distingue un ovaire, un oviducte et un testicule. L'ensemble du sac s'ouvre par un orifice situé à son extrémité libre. C'est un parasite total puisant sa nourriture par une absorption effectuée par certaines cellules des racines.

Nous avons été frappés par les couleurs de ces parasites. Les racines sont d'un vert plus ou moins prononcé suivant les individus étudiés. Le sac externe, lui, présente une grande variété de couleur. Chez des animaux fraîchement pêchés, il est le plus souvent d'un rouge vif, chez d'autres marron, chez d'autres enfin, franchement noir. Lorsque les Pagures sont conservés au laboratoire, la proportion des animaux marrons augmente, surtout quand ils ont été sortis de leurs coquilles. La modification est rapide puisque des animaux mis à nu le matin et qui apparaissaient rouges le matin, sont marrons au moins partiellement l'après-midi. Nous avons étudié les pigments auxquels étaient dus ces colorations. Nous avons eu alors la surprise de constater que le rouge vif était dû à de l'hémoglobine. Nous avons pu l'identifier directement par un examen microspectroscopique, car les deux bandes de l'oxyhémoglobine apparaissaient; par réduction par l'hydrosulfite de sodium et par addition de pyridine nous avons obtenu un spectre encore plus intense de l'hémochromogène de l'hémoglobine. Depuis, M. Vacher a bien voulu confirmer nos résultats. Par un dispositif ingénieux, il a pu faire une mesure spectrophotométrique exacte de la position des bandes d'absorption d'un extrait obtenu à partir d'un *Septosaccus* rouge. Il a trouvé respectivement pour les bandes α et β les longueurs d'onde 5768 et 5392 Å.

D'autre part la réaction de Gmelin, pratiquée directement sur les racines, a donné un halo irisé caractéristique des pigments biliaires. Nous avons également fait la réaction de Gmelin sur des broyats de Pagures repris par l'eau et nous n'avons obtenu les anneaux de Gmelin qu'avec ceux préparés à partir de Pagures parasités.

Le voisinage de l'hémoglobine et de ses produits de désintégration normaux permet de présumer qu'il existe une liaison entre eux. La variété des aspects présentés par le sac viscéral s'expliquerait alors par le fait que dans certaines conditions l'hémoglobine est détruite à un rythme accéléré, d'où la coloration marron ou noire du sac, où des sels ferriques ont d'ailleurs pu être mis en évidence.

Nous avons également recherché un pigment respiratoire chez les Sacculines et chez les Peltogaster. Nos résultats ont été jusqu'alors négatifs.

L'intérêt de ces premiers résultats réside dans le fait qu'il est anormal de trouver de l'hémoglobine chez un parasite total d'un animal qui en est dépourvu. On peut se demander où il trouve les éléments pour former ce pigment. D'autant plus que l'élaboration d'une substance aussi complexe indique un métabolisme autonome qu'on comprend difficilement chez un parasite

aussi dédifférencié. On est même en droit de se poser la question si une telle accumulation de pigment respiratoire n'a pas une répercussion sur la physiologie de l'hôte et en particulier sur sa respiration.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Remarques sur la théorie des mouvements subsoniques, soniques et supersoniques d'un fluide compressible.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

Il y a quinze ans l'auteur a attiré l'attention sur la théorie fondamentale, mais demeurée méconnue, des mouvements plans subsoniques, exposée dans la thèse de doctorat de S. A. Tchapliguine ([1]), soutenue en 1902 à l'Université de Moscou.

Une Note de l'auteur ([2]) et celles de son élève M. Basile Demtchenko ([3]) ont déterminé la publication de nombreux travaux consacrés au développement des résultats obtenus par Tchapliguine et au Congrès des grandes vitesses en aviation (Congrès Volta), M. L. Prandtl, M. G. I. Taylor et M. Th. de Kármán ont reconnu ([4]) l'importance de son travail, en réparant ainsi, du vivant du grand savant russe, l'injustice involontaire commise envers lui.

L'auteur se propose de faire quelques remarques à propos de la Note 2 terminant le Mémoire de Tchapliguine. La théorie approchée exposée dans ce Mémoire est basée sur la constatation que la valeur numérique de la grandeur K, définie par l'équation

$$(1)\qquad \mathrm{K} = \left(1 - \frac{q^2}{c^2}\right)\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^2 = \frac{1 - (2\beta + 1)\tau}{(1 - \tau)^{2\beta+1}},$$

ne diffère que peu de l'unité pour toutes les valeurs de la vitesse $q = (u^2 + v^2)^{1/2}$ de l'air inférieures à 200 m/s. La pression p, la densité ρ et la célérité du son c en un point où la vitesse q est nulle, sont désignés par p_0, ρ_0, c_0. Dans le Mémoire de Tchapliguine β et τ ont les significations suivantes :

$$\beta = \frac{1}{\gamma - 1}, \qquad \tau = \frac{q^2}{2\alpha}, \qquad \alpha = \frac{k\gamma\rho_0^{\gamma-1}}{\gamma - 1} = \frac{c_0^2}{\gamma - 1}, \qquad k = \frac{p_0}{\rho_0^\gamma} = \frac{p}{\rho^\gamma}.$$

Dans la Note 2 de son Mémoire (*Œuvres*, t. II, p. 88), Tchapliguine remarque qu'on peut satisfaire à l'équation $\mathrm{K} = 1$, où K est défini par (1), soit en posant $\beta = 0$, ce qui correspond au cas d'un fluide incompressible, $\rho = \rho_0$, soit en posant $\beta = -1/2$. Dans ce deuxième cas on a $\gamma = -1$ et

$$(3)\qquad \frac{c}{c_0} = \frac{p}{p_0} = \frac{\rho_0}{\rho} = \left[1 + \left(\frac{u}{c_0}\right)^2 + \left(\frac{v}{c_0}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}, \qquad c_0^2 = -2\alpha = -\frac{p_0}{\rho_0}.$$

([1]) *Annales scientifiques de L'Université de Moscou. Cl. Phys. Math.*, Fasc. **21**, 1904, pp. 1-121; *Œuvres*, **2**, pp. 1-90, Léningrad, 1933.

([2]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1215.

([3]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1218 et p. 1720.

([4]) *Atti dei Convegni Volta*, Roma, 1936, p. 180, p. 204, p. 241, et p. 221.

p_0/ρ_0 étant positif, la célérité du son c_0 est, en raison de (3), imaginaire; un gaz qui satisferait à la condition $\gamma = -1$ ne propagerait pas le son. Si l'on admet, en plus de la condition $\gamma = -1$, que $p_0/\rho_0 < 0$, on peut établir, comme Tchapliguine l'a mis en évidence, une corrélation remarquable entre les équations régissant les mouvements de ce gaz non lagrangien (désignation du présent auteur) et la théorie des surfaces minima. En effet, en substituant dans les équations du mouvement d'un gaz parfait

$$(4)\qquad \frac{\rho}{\rho_0}\frac{\partial\varphi}{\partial x} = \frac{\partial\psi}{\partial y}, \qquad \frac{\rho}{\rho_0}\frac{\partial\varphi}{\partial y} = -\frac{\partial\psi}{\partial x}$$

à ρ/ρ_0 son expression (3) en y posant $u = c_0(\partial\varphi/\partial x)$, $v = c_0(\partial\varphi/\partial y)$ et en éliminant ensuite dans (4) par différentiation la fonction du courant ψ, on obtient une équation identique à celle des surfaces minima et, par conséquent, si l'on pose $\varphi = z$, on peut interpréter x, y, z comme les coordonnées rectangulaires des points d'une pareille surface. La découverte de cette corrélation a permis à Tchapliguine d'établir un nouveau et important procédé de détermination d'un grand nombre de surfaces minima.

Mais en restant sur le terrain de l'Aérodynamique, il est préférable de s'en tenir à la troisième solution de l'équation $K = 1$, celle de M. B. Demtchenko ([5]).

On peut généraliser ce problème en considérant ([5]) la solution de l'équation $K = C$, où la constante C n'est pas nécessairement égale à l'unité. On a ainsi un paramètre en plus dont on peut disposer pour obtenir une meilleure approximation. En remarquant que dans l'équation (1) $c^2 = (dp/d\rho)$, en résolvant cette équation par rapport à q^2, en la différentiant et en substituant dq^2 dans l'équation $2\,dp = -\rho\,dq^2$, il vient, après réduction et intégration

$$(5)\qquad \frac{dp}{d\rho} = -\frac{1}{2}\rho\frac{d^2p}{d\rho^2}, \qquad p = \frac{b}{\rho} + b_1.$$

Les constantes b et b_1 peuvent être définies par les conditions que, pour $\rho = \rho_0$, on doit avoir $dp/d\rho = \gamma p_0/\rho_0$ et $p = p_0$.

Il n'existe pas, en général, d'équation caractéristique de la forme (5) pour les fluides réels, mais on la rencontre néanmoins dans la théorie de l'onde de choc de Hugoniot et Rankine, et ce dernier en a donné, dans ce cas particulier, une remarquable interprétation physique. On en parle aussi à propos de la théorie des ondes à amplitude finie dans les gaz. Ce n'est, en effet, que dans les gaz qui satisferaient à l'équation caractéristique (5) qu'un systèmes d'ondes planes pourrait se propager sans se déformer. On peut aussi interpréter cette équation comme expression approchée de la transformation adiabatique $\rho\,dp = \gamma p\,d\rho$. Dans la théorie linéarisée des mouvements subsoniques, soniques et supersoniques ([5]), on l'obtient également en éliminant la vitesse des

([5]) *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, Paris, 1937, n° 108, p. 90 et pp. 35-36.

expressions simplifiées

$$\frac{p}{p_1}=\left(1-\frac{\gamma-1}{2}\,\frac{q^2-q_1^2}{c_1^2}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}\cong 1-\gamma\frac{q_1^2}{c_1^2}\,\varepsilon, \qquad \varepsilon=\frac{q-q_1}{q_1},$$

$$\frac{\rho_1}{\rho}=\left(1-\frac{\gamma-1}{2}\,\frac{q^2-q_1^2}{c_1^2}\right)^{-\frac{1}{\gamma-1}}\cong 1+\frac{q_1^2}{c_1^2}\,\varepsilon, \qquad c_1^2=\gamma\frac{p_1}{\rho_1}.$$

p_1, ρ_1, c_1 sont les pression, densité et célérité du son en un point de vitesse moyenne q_1.

Dans son travail, *Calcul des valeurs absolues* (6), l'auteur a mis en évidence la corrélation qui existe entre la théorie de la variable complexe $x+\varepsilon y$, $\varepsilon^2=+1$, et une *Géométrie hyperbolique*, correspondant à la *Géométrie hyperbolique spéciale à deux dimensions* (7) de M. Émile Borel, dont l'auteur n'a pris connaissance qu'après la publication de son travail, ainsi que la corrélation entre la théorie de la variable complexe $x+\varepsilon y$, $\varepsilon^2=0$ et la géométrie qu'il a nommée *parabolique*. On passe par continuité des *géométries elliptiques* ($\varepsilon^2<0$) par la géométrie parabolique ($\varepsilon^2=0$), aux géométries hyperboliques ($\varepsilon^2>0$), en faisant varier ε^2 de $-\infty$ à $+\infty$ (8).

Dès la publication de sa Note précitée (2), l'auteur avait en vue d'appliquer la théorie de ces variables complexes à l'étude des mouvements plans subsoniques, soniques et supersoniques. En développant cette méthode (5) et en l'étendant ensuite (9), en utilisant une deuxième fonction de courant, aux mouvements dans l'espace et aux mouvements comprenant des discontinuités, il a pu résoudre de nombreux problèmes, dont les méthodes connues n'auraient probablement pas pu venir à bout aussi facilement. Dans le cas des mouvements presque rectilignes, cette nouvelle méthode semble permettre de répondre par l'affirmative à la question de la possibilité d'une solution ***unitaire*** du problème des grandes vitesses en Aérodynamique, posée au Congrès Volta (4) par M. Arturo Crocco, président du Congrès.

CORRESPONDANCE.

M. **Jean Vignal** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par le décès de M. *Georges Perrier*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

---

(6) Autographié. Copenhague, 1919, pp. 97-119.

(7) *Introduction géométrique à quelques théories physiques*. Paris, 1914, pp. 28-37.

(8) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 1277.

(9) *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, **157**, Paris, 1939, pp. 14-41.

1° SAMUEL EPSTEIN et BERYL WILLIAMS. *Miracles from Microbes. The road to Streptomycin*. Préface de NORMAN KIRK (en langue anglaise).

2° SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING. Ser. Aa. N° 186, *Bladet « Möklinta »* IV ö 30 et Ser. Aa. N° 188, *Bladet « Avesta »* III ö 30.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un théorème de théorie des fonctions obtenu à partir de résultats de calcul des probabilités*. Note de M. DANIEL DUGUÉ, présentée par M. Émile Borel.

On connait les résultats obtenus par MM. Paul Levy, Cramer et Raikoff concernant la décomposition de variables obéissant aux lois de Laplace-Gauss et de Poisson en une somme de deux variables aléatoires indépendantes.

Une variable de Laplace-Gauss ne peut dans ces conditions être décomposée qu'en une somme de deux variables de Laplace-Gauss.

Une variable de Poisson ne peut être décomposée qu'en une somme de deux variables de Poisson.

Le but de cette Note est de donner un théorème de théorie des fonctions dont la démonstration s'obtient aisément à partir de ce dernier résultat et qui semble être la raison de tous ces phénomènes du calcul des probabilités.

Soit $f(z)$ une fonction analytique autour de l'origine et dont le développement sous la forme $\Sigma a_n z^n + \Sigma b_p/z_p$ soit tel que les coefficients a_n et b_p soient positifs ou nuls (quand l'origine est un point régulier, ces fonctions sont celles que M. S. Bernstein a appelées *absolument monotones* dans un Mémoire des *Acta Mathematica*; celles qui viennent d'être définies seront appelées *absolument monotones au sens large* dans la suite de cette Note). Si le point $z = 1$ est intérieur au domaine de convergence du développement, on sait que $f(e^{it})/f(1)$ est une fonction caractéristique.

Supposons maintenant que l'on veuille mettre e^z sous la forme du produit de deux fonctions absolument monotones au sens large $e^z = f_1(z) f_2(z)$; λ étant un nombre positif, on pourra s'arranger pour que le domaine de convergence commun au développement de $f_1(\lambda z)$ et $f_2(\lambda z)$ contienne le point $z = 1$. On aura

$$e^{\lambda(e^{it}-1)} = \frac{f_1(\lambda e^{it})}{f_1(\lambda)} \frac{f_2(\lambda e^{it})}{f_2(\lambda)}.$$

Le premier membre correspondant à la loi de Poisson et chacun des deux facteurs du second membre étant une fonction caractéristique, le résultat de M. Raikoff entraine que chacun de ces deux facteurs doit correspondre à une loi de Poisson. Donc $f_1(z)$ et $f_2(z)$ doivent être de la forme e^{az} et e^{bz}, a et b étant positifs (et par conséquent inférieurs à 1). On a donc :

Pour que $e^z = f_1(z) f_2(z)$ [f_1 et f_2 *absolument monotones au sens large*], *il est nécessaire que* $f_1(z) = e^{az}$, $f_2(z) = e^{bz}$ $(0 < a, b < 1)$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Étude cinématique d'un fluide soumis à un courant axial dans des canaux interaubes en rotation.* Note (¹) de MM. Charles Chartier et Joseph-Maurice Bourot, présentée par M. Henri Villat.

La méthode et son dispositif expérimental permettent l'étude cinématique de l'écoulement du fluide dans les turbines, les pompes centrifuges et, d'une façon générale, dans des roues à aubes quelconques.

L'appareil d'étude (*fig.* 1) comprend essentiellement un rotor entouré d'un

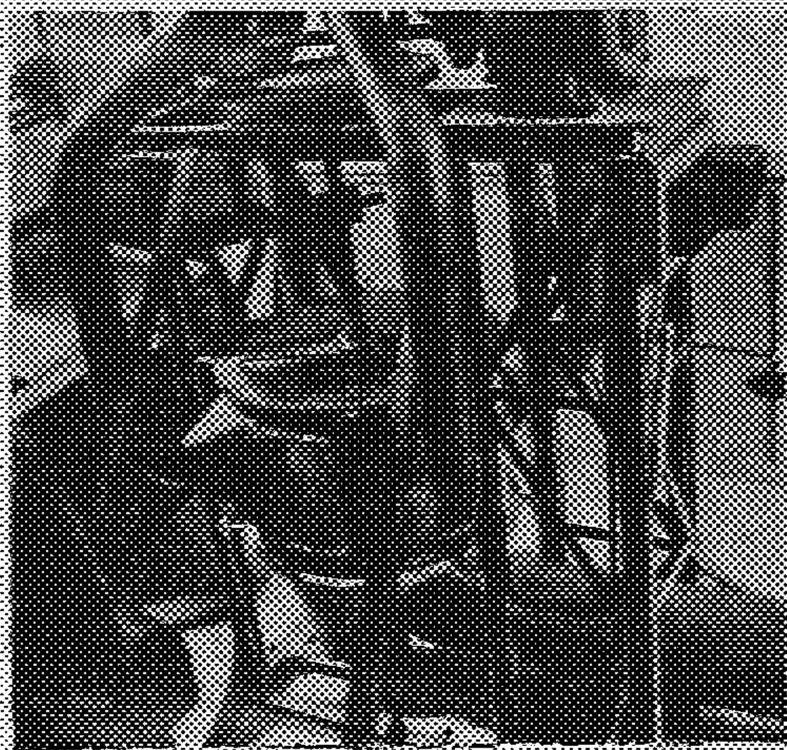


Fig. 1.



Fig. 2.

carter clos qui en épouse la forme. Le rotor, d'axe vertical, peut tourner à différentes vitesses. Il porte le système d'aubes que l'on se propose d'étudier. Ces aubes, généralement cylindriques, ont leurs génératrices parallèles à l'arbre de rotation, qui est pris entre deux paliers à billes démontables, permettant d'enlever facilement le rotor pour modifier le profil des aubes. Le carter est fixe; il comporte un système d'adduction et d'évacuation du fluide, dont le débit est réglé par une pompe ou un ventilateur. Dans le modèle que nous avons utilisé pour mettre la méthode au point, l'adduction était périphérique, et l'aspiration se faisait au centre. Mais tout autre dispositif peut être envisagé, selon la nature de l'étude entreprise. En faisant varier le débit du ventilateur par rapport à la vitesse de rotation du rotor on obtient les différents

(¹) Séance du 21 octobre 1946.

régimes de fonctionnement d'une turbine, d'une pompe centrifuge ou d'une roue à aubes. Les parois du carter sont percées de deux ouvertures, obturées par des plaques de celluloïd : l'une, périphérique, sert au passage d'un faisceau lumineux plan, normal aux génératrices des aubes. L'autre, située à la partie supérieure du carter et au-dessus des aubes, permet de photographier la région éclairée des canaux interpales.

L'appareil photographique, objectif vers le bas, est solidaire de l'arbre de rotation. Un dispositif approprié déclenche, au moment choisi, l'ouverture de son obturateur : la photographie du canal, situé dans l'axe de l'objectif, se prend au moment où celui-ci passe dans la zone éclairée. Par ailleurs, les dispositifs habituels de la méthode chronophotographique sont réalisés grâce à un disque denté, tournant à vitesse connue et interrompant périodiquement la lumière d'un arc intensif et à l'introduction de fines particules d'aluminium dans le courant; on obtient les vitesses et les lignes de courant de l'écoulement rapportées à des axes liés au rotor. Les particules sont lamellaires et d'une extrême finesse, surtout lorsqu'il s'agit de rendre visible un écoulement gazeux à grande vitesse. Du point de vue photographique, la vitesse de rotation n'intervient pas pour limiter le champ d'application de la méthode, mais seulement la vitesse radiale. Au cours de ces expériences, nous avons souvent utilisé des vitesses radiales de l'ordre de 30 m/s.

Dans l'appareil d'étude, les aubes étaient symétriques, arrondies vers l'amont, le plan de symétrie passant par l'axe de rotation. La vitesse de l'aspiration de l'air variait, dans les canaux, de 0 à 30 m/s. Le rotor avait 50^{cm} de diamètre et pouvait tourner jusqu'à 600 t/min. Dans ces conditions, on observait, dans chaque section du canal normale à l'axe de rotation, une zone de décollement et une zone d'écoulement divisée en deux parties par une ligne à point d'arrêt, variable suivant le régime étudié.

La photographie (*fig.* 2) correspond au régime suivant :

Vitesse d'aspiration	12 m/s
» de rotation	450 t/min

Les points d'arrêt des différentes sections sont situés sur une génératrice des aubes cylindriques, qu'on peut d'ailleurs visualiser facilement en envoyant de la poudre fine de kaolin par exemple.

De plus, la structure lamellaire des particules d'aluminium permet d'obtenir d'après les variations de brillance observées, les rotations des filets fluides dans le canal ([2]). La valeur calculée au voisinage de l'aube de droite était de l'ordre de 800 t/s.

([2]) CH. CHARTIER, *Détermination expérimentale de l'intensité tourbillonnaire* (*Congrès National de l'Aviation française* 1945); J.-J. MOREAU, *Sur les rotations d'une particule solide de petites dimensions, entraînée dans un écoulement* (*Congrès National de l'Aviation française*).

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Démonstration du principe d'ondulisation de la Mécanique quantique à partir d'un postulat statistique.* Note [1] de M. **Georges Bodiou.**

Il est connu que le principe d'ondulisation de la Mécanique quantique équivaut à une dépendance stochastique de type nouveau entre les densités complexes de probabilités des coordonnées q et celles de leurs moments conjugués p, traduite par

$$(p|) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{h}} \left(\exp - \frac{2\pi i}{h} pq\right)(q|)\,dq.$$

On sait aussi que cette correspondance transforme une densité réelle gaussienne $|(q|)|^2$ en une densité réelle gaussienne $|(p|)|^2$.

On démontre ci-après que la réciproque est vraie, c'est-à-dire que si l'on considère comme acquise une dépendance stochastique entre les q et les p, du type

$$(p|) = \int f_{(p,q)}(q|)\,dq,$$

il suffit de postuler que, pour une phase convenable de $(q|)$, *à toute gaussienne réelle* $|(q|)|^2$ *pourra correspondre une gaussienne réelle* $|(p|)|^2$ *à moyenne* $\bar{p}$ *et dispersion* σ' *indépendantes de la moyenne* $\bar{q}$ *pour que* $f_{(pq)}$ *soit nécessairement identique à* $(1/\sqrt{h})\exp[-(2\pi i/h)pq]$; le postulat ci-dessus énoncé est donc équivalent au principe d'ondulisation; il a sur lui les avantages suivants :

1° il est bon qu'à la base d'une théorie de nature statistique, les postulats soient de cette nature, et non purement formels comme les énoncés habituels $p = -(h/2\pi i)(\partial/\partial q)$ ou $pq - qp = (h/2\pi i)$;

2° il a un sens physique clair : si l'on remarque que l'on peut appeler *point matériel* en mécanique classique, d'après les méthodes de mesure des conditions initiales, la donnée de deux densités gaussiennes réelles indépendantes pour p et q respectivement, le postulat proposé revient à réserver en mécanique quantique la possibilité de telles répartitions, c'est-à-dire la possibilité pour la mécanique quantique d'englober la mécanique classique comme cas particulier.

Démonstration. — Première partie. — A $|(q|)|^2 = (1/\sigma\sqrt{2\pi})\exp[-(q-\bar{q})^2/2\sigma^2]$ doit correspondre par

$$(p|) = \int f_{(p,q)}(q|)\,dq \quad \text{une} \quad |(p|)|^2 = \frac{1}{\sigma'\sqrt{2\pi}} \exp - \left[\frac{(p-\bar{p})^2}{2\sigma'^2}\right],$$

[1] Séance du 13 novembre 1946.

$\bar{p}$ et σ' etant indépendants de $\bar{q}$, à condition que, dans

$$(q|\;)=\frac{1}{\sqrt{\sigma\sqrt{2\pi}}}\exp\left[-\frac{(q-\bar{q})^2}{4\sigma^2}\right]\exp i\,F_{(q)},$$

on choisisse convenablement $F_{(q)}$.

On trouve d'abord $|(p|)|^2=K(\mathcal{G}_{(\sigma;\bar{p})}[f_{1(p,q)}])\cdot(\mathcal{G}_{(\sigma;\bar{p})}[f^\star_{1(p,q)}])$ en notant $\mathcal{G}_{(\sigma,\bar{q})}[f_{1(p,q)}]$ la transformée de Gauss de $f_{1(p,q)}=f_{(pq)}\exp iF_{(q)}$ ($f^\star$ désignant la conjuguée de f).

Utilisant alors certaines propriétés des transformations de Gauss et de Fourier (voir Tricomi, *Annales de l'Institut Henri Poincaré*, 1938, p. 142), et les étendant aux fonctions complexes de variable réelle (*calculs réservés*), on trouve

$$\text{(I)}\quad \mathcal{F}\left[f_1(p,\sigma_1 q)\exp\left(-\frac{q^2}{2}\right)\triangle f_1^\star(p,\sigma_1 q)\exp\left(-\frac{q^2}{2}\right)\right]\left(\text{pour } s=i\frac{\bar{q}}{\sigma_1}\right)=\frac{\sqrt{\pi}}{\sigma_1}\left(\exp\frac{\bar{q}^2}{\sigma_1^2}\right).|(p|)|^2$$

$\Big[$on a noté par $A\triangle B$ la Faltung de A et $B=\int_{-\infty}^{+\infty}A_{(\tau)}B_{(q-\tau)}\,d\tau$, $\sigma_1=\sigma\sqrt{2}$, $\mathcal{F}[C_{(q)}]=D_{(s)}=$ transformée de Fourier de $C_{(q)}\Big]$.

Deuxième partie. — L'indépendance de p et de σ' par rapport à $\bar{q}$ permet d'écrire le second membre de (1) $\sqrt{\pi}/\sigma_1\,(\exp-s^2).|(p|)|^2$.

Utilisant alors les formules d'inversion de Fourier après avoir justifié l'application de cette inversion au premier membre de (I) (*calculs réservés*), on trouve

$$\int_{-\infty}^{+\infty}f_1\left(p,\frac{Q}{2}+u\right).f_1^\star\left(p,\frac{Q}{2}-u\right)\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{u^2}{2\sigma^2}\right)du=\frac{1}{2\sigma\sqrt{2\pi}}|(p|)|^2.$$

On démontre à partir de là, en utilisant le fait que σ est arbitraire et peut être supposé aussi voisin de zéro que l'on veut, que f_1 est nécessairement de la forme $f_{1(pq)}=\exp[a_{(p)}+i\beta_{(p)}q]$, d'où l'on déduit que

$$\text{(II)}\qquad \exp[2(a_{(p)})-2\sigma^2\beta^2_{(p)}]=\frac{1}{2\sigma\sqrt{2\pi}}|(p|)|^2.$$

Troisième partie. — Il est alors montré que l'identification des deux membres de II pour un $|(p|)|^2$ gaussien satisfaisant au postulat ne peut se faire que si $4\pi\sigma\sigma'=$ const. $=h$, la constante de Planck est ainsi introduite de façon nécessaire; on trouve alors

$$f_{(p,q)}=(p|q)=\frac{1}{\sqrt{h}}\exp\left(\pm\frac{2\pi i}{h}pq\right)\exp\left[\mp\frac{2\pi i}{h}\bar{p}q-iF_{(q)}\right].$$

Or la relation fondamentale $(p|)=\int(p|q)(q|)\,dq$ apparait comme une transformation linéaire de l'espace des fonctions de module carré sommable, partout définie dans cet espace, laissant les normes invariantes; c'est donc une transformation unitaire **A** (voir Julia, *Introduction mathématique aux théories quantiques*, II, p. 108), donc $\mathbf{A}^{-1}=\mathbf{A}^\star$.

Utilisant ceci pour atteindre $(q|p)$ d'une façon distincte du raisonnement précédent et identifiant les deux expressions de $(q|p)$, on trouve

$$iF_{(q)} = \mp \frac{2\pi i}{h} pq.$$

Le résultat est alors établi : $f_{(p,q)} = (p|q) = (1/\sqrt{h}) \exp[\pm (2\pi i/h) pq]$ assure seul la satisfaction du postulat proposé [à la condition supplémentaire de prendre $iF'_{(q)}$ comme ci-dessus].

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Méthodes d'approximations. Sur l'équivalence de la méthode d'itération et de la méthode des moments.* Note (¹) de MM. **Edmond Arnous** et **Serge Colombo.**

La méthode d'itération a été utilisée avec succès il y a quelques années pour l'étude des noyaux légers (²). Elle est équivalente à la *méthode des moments*, obtenue dernièrement par l'un de nous (³), comme approximation de la méthode (rigoureuse) *de la fonction caractéristique*. Son originalité, à notre avis, est de permettre le calcul des niveaux d'énergie à partir d'une fonction d'onde qui, en principe du moins, peut être à peu près arbitraire. Elle s'oppose ainsi résolument aux autres méthodes d'approximation, dont l'objet essentiel est de rechercher des fonctions d'onde aussi voisines que possible des fonctions propres de l'hamiltonien H. C'est pourquoi nous pensons que son intérêt dépasse le domaine dans lequel elle a été utilisée jusqu'ici et mériterait d'être étudiée de plus près. Nous nous contenterons de souligner l'équivalence de la méthode d'itération et de la méthode des moments et de préciser les meilleures conditions de leur utilisation.

Donnons-nous une fonction d'onde φ et désignons le moment d'ordre ν par $m_\nu = (\varphi, H^\nu \varphi)$. La méthode d'itération se propose de chercher la meilleure fonction d'onde de la forme

$$\Psi = \lambda_0 \varphi + \lambda_1 H\varphi + \ldots + \lambda_{K-1} H^{K-1} \varphi.$$

On peut l'obtenir par une méthode d'extremum lié. On cherche pour cela à rendre le produit scalaire $(\Psi, H\Psi)$ maximum en maintenant constante la norme de Ψ. On est ainsi conduit à l'équation

$$\delta(\Psi, H\Psi) - E\,\delta(\Psi, \Psi) = 0, \tag{1}$$

(¹) Séance du 13 novembre 1946.

(²) Consulter par exemple H. R. Hasse, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, **26**, 1930, p. 542; E. Feenberg and J. K. Knipp, *Phys. Rev.*, **47**, 1935, p. 850; **48**, 1935, p. 906; D. T. Warren and Margenau, *ibid.*, **52**, 1937, p. 1027; G. Horvay, *ibid.*, **55**, 1939, p. 70.

(³) E. Arnous, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1939, p. 83.

où l'on fait porter la variation δ sur les λ_i. Or

$$(\Psi, \mathrm{H}\Psi) = \sum \bar{\lambda}_i \lambda_j m_{i+j+1}$$

et

$$(\Psi, \Psi) = \sum \bar{\lambda}_i \lambda_j m_{i+j};$$

l'équation (1) s'écrit donc de façon explicite

$$\sum_{i,j=0}^{\mathrm{K}-1} \bar{\lambda}_i (m_{i+j+1} - \mathrm{E}\, m_{i+j})\, \delta\lambda_j + \lambda_j (m_{i+j+1} - \mathrm{E}\, m_{i+j})\, \delta\bar{\lambda}_i = 0.$$

Il ne reste plus qu'à annuler les coefficients de $\delta\bar{\lambda}_i$ ce qui conduit au système linéaire et homogène en λ_j

$$\sum_j (m_{i+j+1} - \mathrm{E}\, m_{i+j}) \lambda_j = 0 \qquad (i = 0, \ldots, \mathrm{K}-1).$$

Pour que ce système ait des solutions, le déterminant de ses coefficients, doit être nul

$$\Delta(\mathrm{E}) = \begin{vmatrix} m_1 - \mathrm{E} & m_2 - \mathrm{E}\, m_1 & \ldots & m_{\mathrm{K}} - \mathrm{E}\, m_{\mathrm{K}-1} \\ m_2 - \mathrm{E}\, m_1 & m_3 - \mathrm{E}\, m_2 & \ldots & \ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots\ldots \\ m_{\mathrm{K}} - \mathrm{E}\, m_{\mathrm{K}-1} & \ldots\ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots\ldots \end{vmatrix} = 0.$$

Les valeurs approchées de l'énergie sont racines de cette équation.

Très différente est l'idée générale de la méthode des moments. Elle cherche à construire une loi de probabilité aussi voisine que possible de la loi réelle de l'énergie, en résolvant le problème suivant (Tchebycheff). Déterminer K nombres $\mathrm{E}_1 \ldots \mathrm{E}_{\mathrm{K}}$ et K probabilités $\mathrm{P}_1 \ldots \mathrm{P}_{\mathrm{K}}$, de telle sorte que la répartition ainsi définie ait pour $2\mathrm{K}-1$ premiers moments, les moments $m_1 \ldots m_{2\mathrm{K}-1}$ de la loi de H. C'est le célèbre *problème algébrique d'ordre* K. Sa mise en équation est immédiate. Il s'agit de résoudre le système

$$\begin{gathered} \mathrm{P}_1 + \mathrm{P}_2 + \ldots + \mathrm{P}_{\mathrm{K}} = 1 \\ \mathrm{P}_1 \mathrm{E}_1 + \mathrm{P}_2 \mathrm{E}_2 + \ldots + \mathrm{P}_{\mathrm{K}} \mathrm{E}_{\mathrm{K}} = m_1 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \mathrm{P}_1 \mathrm{E}_1^{2\mathrm{K}-1} + \mathrm{P}_2 \mathrm{E}_2^{2\mathrm{K}-1} + \ldots + \mathrm{P}_{\mathrm{K}} \mathrm{E}_{\mathrm{K}}^{2\mathrm{K}-1} = m_{2\mathrm{K}-1}. \end{gathered}$$

Ce qui conduit à l'équation

$$\begin{vmatrix} 1 & \mathrm{E} & \mathrm{E}_2 & \ldots & \mathrm{E}_{\mathrm{K}} \\ 1 & m_1 & m_2 & \ldots & m_{\mathrm{K}} \\ m_1 & m_2 & m_3 & \ldots & m_{\mathrm{K}+1} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ m_{\mathrm{K}-1} & m_{\mathrm{K}} & m_{\mathrm{K}+1} & \ldots & m_{2\mathrm{K}-1} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & \ldots & 0 \\ 1 & m_1 - \mathrm{E} & \ldots & m_{\mathrm{K}} - \mathrm{E}\, m_{\mathrm{K}-1} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ m_{\mathrm{K}-1} & m_{\mathrm{K}} - \mathrm{E}\, m_{\mathrm{K}-1} & \ldots & m_{2\mathrm{K}-1} - \mathrm{E}\, m_{2\mathrm{K}-2} \end{vmatrix} = 0,$$

c'est-à-dire encore à $\Delta(\mathrm{E}) = 0$. Les méthodes sont bien équivalentes.

Il est facile maintenant de préciser dans quelles conditions la méthode est utilisable. Il faut d'abord, bien entendu, que la loi de probabilité déterminée par $E_1 \ldots E_K$ et $P_1 \ldots P_K$ tende, pour K suffisamment grand, vers la loi de probabilité de H. Il suffit pour cela, on le montre, que la loi de H soit bornée, c'est-à-dire que le choix de φ conduise pour les grandes valeurs de l'énergie à des probabilités nulles, ou du moins très petites.

Il faut ensuite ne pas avoir un trop grand nombre de moments à calculer pour obtenir une bonne approximation. Cela exige que les probabilités des valeurs de l'énergie, auxquelles on s'intéresse, soient grandes, c'est-à-dire en somme que φ ne soit pas trop orthogonale aux fonctions propres correspondantes.

ASTROPHYSIQUE. — *Inégalité de la température des régions polaires et équatoriales du Soleil, décelée par la mesure de la température de couleur apparente en différents points de sa surface.* Note [1] de MM. **Paul Proisy** et **Junior Gauzit**, présentée par M. Bernard Lyot.

1. Nous avons recherché si la température de couleur du Soleil varie avec la latitude, en comparant les variations de cette température mesurée le long du diamètre équatorial et du diamètre passant par les pôles, à l'aide du dispositif utilisant la dispersion rotatoire (leucoscope) dont nous avons déjà rappelé le principe [2].

Une comparaison des mesures bolométriques faites suivant ces deux diamètres, à l'Observatoire du Mont Wilson par Aldrich [3], n'a mis en évidence aucune différence, mais, sans donner d'indication sur leur précision, l'auteur signale que ses mesures le long du diamètre Nord-Sud étaient assez peu précises. La discussion que nous avons faite de la précision obtenue avec le leucoscope [4] nous invitait à reprendre cette recherche.

Nous avons modifié le montage décrit, afin d'affaiblir très fortement le faisceau solaire. Une plaque métallique, percée d'un trou de $0^{mm},1$ de diamètre et placée dans le plan focal de la lunette du sidérostat de l'Observatoire de Lyon, isole une très petite portion de la surface du Soleil dont l'image a un diamètre de 56^{mm}.

2. Nous avons fait six comparaisons des deux rayons, comportant chacune une cinquantaine de mesures, les 24 et 31 juillet et le 2 août 1945. A cette époque, l'inclinaison de l'axe de rotation du Soleil, voisine de son maximum,

---

(1) Séance du 28 octobre 1946.

(2) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 607.

(3) *Annals of the Astrophysical Observatory of the Smithsonian Institution*, 4, 1922, p. 254.

(4) *Revue d'Optique* (sous presse).

était de 25° environ; le pôle Nord se projetait alors sur le disque solaire, à une distance du centre égale aux neuf dixièmes du rayon.

Chaque comparaison fait apparaître une diminution de la température de couleur apparente le long du rayon passant par le pôle Nord systématiquement plus accentuée que le long du rayon équatorial.

Pour préciser cette différence, nous avons réduit nos mesures à une même masse d'air $M = 1,2$: *la température de couleur apparente de la photosphère est plus faible le long du rayon polaire, lorsque l'on s'approche du bord à moins d'un tiers du rayon solaire.*

Nous avons déterminé la température de couleur apparente au centre, hors de l'atmosphère terrestre ($M = 0$), en extrapolant les valeurs trouvées pour diverses valeurs de M. Les résultats ont varié de 7200° à 8000°, avec une moyenne pondérée de 7650°, valeur en accord avec celle déduite récemment de leur étude spectrophotométrique par Mlle R. Canavaggia et D. Chalonge ([5]). La température adoptée au centre permet de déterminer le coefficient correspondant à l'absorption atmosphérique et, par suite, de calculer les températures de couleur apparentes aux différents points visés.

La réduction a été faite pour les trois valeurs de l'absorption atmosphérique qui donnent, au centre, une température de couleur apparente égale à 7000, 7500 et 8000°K. Le tableau ci-dessous donne les résultats obtenus : 1° pour $M = 1,2$, et 2° pour $M = 0$, en adoptant la valeur moyenne de l'absorption atmosphérique.

La température de couleur apparente de la photosphère au pôle Nord est inférieure de 150 à 200° à celle du point correspondant du rayon équatorial.

Variation de la température de couleur du Soleil le long d'un rayon équatorial R_e *et du rayon passant par le pôle Nord* R_p, *en fonction de la distance au centre* d, *le rayon solaire étant pris égal à l'unité* : 1° *à travers une masse d'air* $= 1,2$; 2° *hors de l'atmosphère terrestre* ($M = 0$).

		d.....	0.	0,464.	0,643.	0,821.	0,911.	1.
1° $M = 1,2$	R_e	T_c°K....	5840	5700	5550	5320	5140	4780
	R_p	»	5840	5700	5550	5275	5000	4420
2° $M = 0$	R_e	T_c°K....	7500	7250	7000	6670	6325	5820
	R_p	»	7500	7250	7000	6610	6145	5180

Notons, d'ailleurs, que les valeurs trouvées au bord ($d = 1$) sont probablement altérées par le chromatisme de grandeur de la lunette; nous les avons cependant portées dans le tableau, parce qu'elles confirment la différence entre les deux rayons, l'aberration modifiant le résultat dans le même sens dans les deux cas.

3. Les deux courbes de variation obtenues se séparent au voisinage du point d'abscisse $d = 0,643$; ce point correspond à la latitude 65° Nord.

([5]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 132.

Après avoir vérifié que les points visés dans les zones équatoriales ne coïncidaient pas avec des plages faculaires, nous sommes amenés à affirmer que la température de couleur de la photosphère décroît vers les régions polaires, au delà d'une latitude égale à 65° environ, tandis qu'elle suit la même loi de variation jusqu'à cette latitude, le long des deux rayons considérés.

Ce résultat peut s'expliquer sans doute par les mouvements tourbillonnaires qui sont à l'origine des phénomènes solaires et qui amènent des masses gazeuses internes chaudes à la surface de la photosphère et jusque dans la chromosphère, provoquant un réchauffement qui déborde les zones royales. Ce phénomène serait donc lié à l'activité solaire; il sera intéressant de rechercher s'il subsiste entièrement ou partiellement au prochain minimum de cette activité.

PHYSIQUE ATOMIQUE. — *Sur la formation du corps solide par les radioéléments*. Note (¹) de Mlle CATHERINE CHAMIÉ, transmise par M. Paul Langevin.

Les radioéléments permettent d'observer la formation du corps solide à partir des atomes et des molécules isolés à l'état de grande dilution. Deux méthodes ont été employées.

1. *Méthode photographique*. — Si un radioélément, émetteur de rayons α, forme un assemblage d'atomes ou de molécules de son composé et que ce grain se trouve pressé contre la gélatine de la plaque photographique, on obtient, après développement, l'image d'un point noir qui, au microscope, apparaît comme une étoile dont les rayons ont pour longueur le parcours des rayons α de l'élément dans la gélatine. Nous avons étudié (²) par cette méthode photographique la répartition des radioéléments sur des surfaces activées par les dépôts actifs dans les gaz, ou par des solutions de radioéléments évaporées à sec; la répartition des radioéléments dans les mélanges d'air et des émanations; la répartition des radioéléments après précipitation par un réactif dans une goutte de solution déposée sur la gélatine protégée contre l'attaque par le liquide, etc. Dans ces cas, nous avons trouvé des images photographiques en étoiles caractéristiques de la répartition discontinue du radioélément en groupements qui, pour les milieux gazeux, sont des associations d'atomes, tandis

(¹) Séance du 13 novembre 1946.

(²) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1243; **185**, 1927, pp. 770 et 1277; **186**, 1928, p. 1838; **208**, 1939, p. 1300; *Journ. de Phys. et Rad.*, **10**, 1929, p. 44; *Journ. de Chim. phys.*, **29**, 1932, p. 242; Mlle C. CHAMIÉ et LA. GOLDSTEIN, *Journ. de Chim. Phys.*, **28**, 1931, p. 228; H. HERSZFINKIEL et H. JEDRZEJOWSKI, *Comptes rendus*, **188**, 1928, pp. 1167 et 1043; Mlles M. BLAU et E. RONA, *Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien.*, **139**, 1930, p. 275; O. HAHN et O. WERNER, *Naturwiss.*, **49**, 1929, p. 961.

que pour les liquides ce sont des assemblages de molécules formant des cristaux, des agrégats colloïdaux, ou de grains amorphes quelconques.

La répartition uniforme des radioéléments donne un noircissement continu qu'on ne doit pas confondre avec celui que provoque le rayonnement pénétrant ou un excès d'activité α. L'absence de groupements a été observée pour des solutions ioniques, pour l'émanation sortant par ébullition d'une solution de sel de Ra si l'on opère rapidement pour éviter l'accumulation du RaA, pour des solutions de radioéléments à l'état d'extrême dilution, pour les surfaces en argent activées par des solutions acides où le Po à l'état ionique attaque l'argent, tandis qu'en solution neutre il forme des agrégats qui se déposent sur l'argent comme sur n'importe quelle surface et donnent les images photographiques des groupements.

2. *Diffusion du recul.* — Le ThC″, isotope du Tl, projeté par recul par une source de ThC, ne diffuse pas comme les émanations ([3]). D'après l'hypothèse de P. Langevin ([4]), la plus grande partie du ThC″ est réadsorbée par la source et celle qui s'échappe est adsorbée par le récepteur. Si le récepteur s'éloigne de la source, la diffusion du ThC″ suit la loi de la diffusion des agrégats polyatomiques. Ainsi les atomes de recul, trop peu nombreux pour se rencontrer dans l'air, adhèrent aux solides étrangers, tandis que pour des dilutions moins grandes ils forment des groupements homogènes, comme le font les dépôts actifs des émanations.

On pourrait généraliser l'hypothèse de P. Langevin et l'appliquer aux éléments à l'état d'extrême dilution qui sortent de la phase liquide par précipitation ou par évaporation en adhérant aux surfaces ou aux corps étrangers. Il semble qu'un atome (ou une molécule) appartenant à la catégorie des solides ne peut rester isolé et est doué de la propriété d'adhérer à d'autres atomes ou molécules semblables pour former des groupements ou, à défaut de rencontre, d'adhérer à d'autres solides étrangers.

Soient x atomes ou molécules qui sortent des phases gazeuses ou liquides; ils forment y groupes avec z atomes ou molécules par groupe, en supposant pour simplifier que z soit le même dans chaque grain, ce qui en moyenne est à peu près correct. Posons, en première approximation, $z = x^m$ et $y = x^{1-m}$, où m est un paramètre qui dépend des conditions physiques et chimiques de la formation du solide avec $0 \leqq m \leqq 1$. Pour les deux cas limites on a 1° $m = 0$, alors $z = 1$ et $y = x$, c'est la répartition monoatomique ou monomoléculaire, comme, par exemple, l'adhésion individuelle des atomes aux surfaces; 2° $m = 1$, alors $z = x$ et $y = 1$, c'est la formation d'un bloc unique de matière solide.

([3]) Mlle C. Chamié, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1107 et **197**, 1933, p. 1937; *Journ. de Phys. et Rad.*, 5, 1934, pp. 54 et 436; Mlle C. Chamié et M. Tsien San-Tsiang, *Journ. de Phys. et Rad.*, **1**, 1941, p. 46.

([4]) *Jour. de Phys. et Rad.*, 5, 1934, p. 57.

Sauf ces cas limites, la formation du solide se fait par groupements discontinus, en obéissant à l'équation $du/dx = C\,u/x$, où la fonction u est respectivement égale à z avec $c = m$ et à y avec $c = 1 - m$.

Conclusion. — 1° L'effet photographique des agrégats des radioéléments, désigné (5) par *effet Chamié*, met en évidence la formation et la répartition des corps solides à l'échelle microscopique; 2° l'hypothèse de P. Langevin sur l'adhésion du recul aux surfaces peut être généralisée pour les solutions extrêmement diluées des radioéléments; 3° la variation du nombre de groupes et du nombre d'atomes ou molécules par groupe est proportionnelle à leurs rapports au nombre d'atomes ou de molécules présents.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur l'élimination du courant résiduel dans les cellules photoélectriques.* Note de M. **André Lallemand**, présentée par M. Aimé Cotton.

Une cellule photoélectrique alimentée par une source de tension débite normalement un certain courant lorsqu'elle est plongée dans l'obscurité totale. Ce courant, désigné sous le nom de *courant résiduel* ou *courant d'obscurité*, limite par ses fluctations le plus faible signal lumineux mesurable par cette cellule. Le courant résiduel est particulièrement gênant dans la cellule à multiplicateurs d'électrons qui permet de s'affranchir des fluctations dues aux amplificateurs à lampes (Effet Johnson). Dans une cellule bien construite et bien vidée, ce courant a principalement son origine dans l'émission thermique et dans l'émission de champ de la photocathode. On réussit à diminuer l'émission thermique en refroidissant la photocathode ou en utilisant des couches non sensibles dans l'infrarouge (couches antimoine-césium). Le refroidissement conduit à des montages compliqués; d'autre part l'émission thermique des couches antimoine-césium, bien que 100 fois inférieure à celle des couches oxyde d'argent-césium, peut ne pas être négligeable.

L'émission thermique est proportionnelle à la surface de la photocathode; en réduisant cette surface on peut réduire l'émission thermique dans les mêmes proportions, mais l'expérience montre qu'il est impossible de réaliser de bonnes cathodes photoémissives ayant des dimensions très réduites; de plus l'émission de champ sur les bords existent toujours. Les ressources de l'optique électronique nous ont permis de tourner cette difficulté. Les lentilles électrostatiques ou magnétiques permettent de faire correspondre point par point la surface émissive de la photocathode à la surface réceptrice : l'anode. Si nous découpons dans l'anode une surface de très faible étendue, on peut y faire

(5) O. Hahn, *Applied Radiochemistry*, London, 1936; Mme Joliot-Curie, *Les radioéléments naturels*, Paris, 1946.

correspondre sur la photocathode une surface conjugée également de très faible étendue en prenant un agrandissement convenable, par exemple de 1. En formant sur cette surface une image lumineuse de plus petites dimensions, nous ne recevrons sur l'élément d'anode que le courant photoélectrique intéressant et le très faible courant d'origine thermique de l'élément considéré de la photocathode. Le courant de champ qui prend naissance sur les aspérités des bords de la photocathode est complètement éliminé.

L'anode pourra être constituée par une plaque percée d'un petit trou et l'électrode collectrice par un petit disque placé derrière le trou. Les mesures peuvent être faussées par l'émission secondaire de l'électrode collectrice; on peut éviter cet inconvénient en portant l'électrode collectrice à un potentiel plus élevé que celui du disque protecteur.

Nous avons pu réaliser une cellule à multiplicateurs à cinq étages à l'argent oxydé-césium. Une optique magnétique nous a permis de former une image électronique de la photocathode successivement sur chaque multiplicateur, puis en définitive sur une petite électrode collectrice dont la surface utile avait quelques millimètres de diamètre. Le grandissement électronique était voisin de l'unité. Pour cette cellule le courant résiduel capté par l'électrode collectrice est 80 fois plus faible que le courant capté par l'électrode de protection.

Ce dispositif permet de se rendre compte de l'importance de la lumière diffusée par la couche photosensible et de mesurer quel est le gain réalisé en donnant à la couche photosensible, dans le cas d'une cellule ordinaire, la forme d'un corps noir; ce qu'on ne peut pas réaliser facilement, puisqu'il est impossible de faire deux couches ayant des propriétés photoémissives identiques.

Ici nous avons donné à la couche photoémissive les propriétés d'un corps noir, la couche étant sensiblement sphérique, la lumière pénétrant par une ouverture latérale de faibles dimensions. On projette sur la photocathode une image presque ponctuelle donnant un courant photoélectrique bien supérieur au courant d'obscurité. Lorsque l'on fait passer l'image électronique sur la petite anode collectrice, le courant capté par cette électrode passe de 0 à 8 microampères. C'est le courant qui provient du flux incident direct, mais une partie de cette lumière est réfléchie et diffusée par la couche photosensible et finalement absorbée par la couche entière. On peut, en utilisant l'anode protectrice, mesurer le courant photoélectrique total émis par tous les points de la couche, y compris celui capté par la petite anode, et l'on a trouvé dans les mêmes conditions 16 microampères. On voit que la quantité de lumière réfléchie ou diffusée par une couche photoélectrique est loin d'être négligeable, et il y a intérêt à donner aux cellules ordinaires la disposition du corps noir.

PHOTOPHORÈSE. — *La photophorèse en lumière polarisée.* Note (*) de M. **Pierre Tauzin**, présentée par M. Aimé Cotton.

Des recherches récentes (²) ont montré que les particules en suspension dans l'air se déplacent sous l'action d'un faisceau lumineux intense (photophorèse) et que ces déplacements peuvent, pour certaines particules, être modifiés par la présence d'un champ électrique ou magnétique. J'ai cherché ce que deviennent ces phénomènes lorsque le faisceau lumineux intense, qui agit sur les particules, est polarisé.

Le système optique, dont l'axe est constamment dirigé vers le Soleil, comprend un biréfringent et une lentille achromatique de faible ouverture ($f/7,5$) qui concentre l'un des faisceaux au centre de la cuve à particules.

Les diverses suspensions que j'ai examinées en lumière polarisée sont les suivantes :

a. Les suspensions de bleu alcalin et les suspensions de soufre, qui éclairées en lumière naturelle, contiennent les unes et les autres des particules attirées et des particules repoussées dans la direction de propagation du faisceau; les fumées issues de la combustion du tabac et du papier qui contiennent des particules toutes attirées; la fumée produite dans la combustion de l'essence de térébenthine, dont les particules sont toutes repoussées.

b. Les suspensions de cuivre, provenant d'un arc entre électrodes de cuivre dans l'azote et dont certaines particules, électriquement neutres, subissent un déplacement sous l'action combinée d'un faisceau de lumière naturelle et d'un champ électrique (électrophotophorèse); ce déplacement a lieu dans la direction du champ, dans un sens ou dans l'autre.

c. Les suspensions de fer [fer oméga (³), ou particules provenant de l'arc au fer dans l'azote] et dont certaines particules soumises à l'action combinée d'un faisceau lumineux et d'un champ magnétique se déplacent dans la direction du champ, soit dans un sens, soit dans l'autre (magnétophotophorèse).

J'ai constaté que lorsqu'on met le polariseur rectiligne sur le faisceau, tous ces phénomènes subissent une baisse d'intensité corrélative de la diminution de l'intensité du faisceau, mais leur allure générale n'est pas modifiée. En particulier, qu'il s'agisse d'électrophotophorèse ou de magnétophotophorèse, on aperçoit toujours autant de particules se dirigeant dans le sens du champ que de particules se dirigeant en sens inverse.

Enfin il était intéressant d'étudier les mêmes phénomènes en lumière pola-

---

(¹) Séance du 13 novembre 1946.

(²) Ehrenhaft, *Annales de Physique*, **13**, 1940, p. 151; P. Tauzin, *Comptes rendus des Séances de la Société Française de Physique*, 1945, p. 22 S.

(³) Poudre de fer fabriquée à partir du fer carbonyle, et dont les particules examinées au microscope apparaissent bien sphériques.

risée circulaire. On sait en effet que le déplacement des particules sous l'action des agents suivants : lumière seule ou associée à un champ électrique ou magnétique se produit en fines spirales autour de la direction moyenne du déplacement. J'ai fait les observations en lumière circulaire dans un cas particulier, celui de la magnétophotophorèse des particules de fer avec champ magnétique parallèle à l'axe du faisceau; l'action de la lumière s'ajoute alors à celle du champ et les spirales paraissent particulièrement nettes.

L'aspect général des phénomènes en lumière circulaire est le même qu'en lumière naturelle. Le passage de la lumière circulaire droite à la lumière circulaire gauche ne modifie pas le mouvement de translation des particules (¹).

On peut donc conclure que, d'une façon générale, la polarisation du faisceau lumineux n'a pas d'influence sur les phénomènes de photophorèse. Ce fait peut paraître surprenant dans le cas de la magnétophotophorèse, en particulier lorsque le champ magnétique extérieur est parallèle au champ magnétique de l'onde lumineuse rectilignement polarisée. Du point de vue électromagnétique, le faisceau lumineux et le champ extérieur possèdent, dans ce cas, un plan de symétrie commun passant par l'axe du faisceau et perpendiculaire à la direction du champ magnétique. On ne comprend pas, dès lors, pourquoi il existe des particules sphériques soumises au faisceau et au champ qui se déplacent dans la direction du champ.

La difficulté de concilier l'expérience avec la remarque précédente serait très sérieuse si les particules en question subissaient un mouvement rectiligne dans la direction du champ magnétique. En réalité, comme je l'ai indiqué, l'expérience montre que, pour beaucoup de ces particules, ce mouvement n'est pas rectiligne; mais il apparaît nettement en spirale autour de la direction du champ magnétique. Ce fait est à rapprocher d'une remarque faite autrefois par P. Curie (²) : « Si l'on pouvait placer une sphère chargée de magnétisme libre dans un champ magnétique, on aurait une force et ceci semble à première vue en contradiction avec l'existence du plan de symétrie normal au champ. Une telle sphère doit présenter la dissymétrie énantiomorphe, comme les molécules dissymétriques douées de pouvoir rotatoire ». On peut se demander s'il n'y a pas une relation entre la dissymétrie caractéristique du magnétisme libre et le fait que le mouvement de magnétophotophorèse se produit en spirale. En tout état de cause les objections faites à la magnétophotophorèse en invoquant le principe de symétrie, paraissent sans fondement. Il n'en reste pas moins vrai que cette conclusion n'est pas une explication des phénomènes, lesquels dans leur ensemble demeurent mystérieux.

(¹) Toutefois, le dispositif utilisé ne m'a pas permis de déterminer si le sens des spirales est ainsi inversé. D'autre part, je n'ai fait d'expériences que pour le spectre visible.

(²) *Journal de Physique*, 3ᵉ série, 3, 1894, p. 416.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouveaux aspects de la réaction de Bouveault et Blanc.* Note [1] de MM. **Léon Palfray** et **Paul Anglaret**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note précédente [2] nous avons montré que l'introduction d'un adjuvant convenable, capable de détruire l'alcoolate se développant dans le milieu, permettait une étude commode du processus de la réaction de Bouveault et Blanc. Cette étude nous a, en particulier, permis d'établir théoriquement l'équation $\rho = f(\mathrm{Na})$ de la famille des courbes obtenues lorsque, avec le mode opératoire que nous avons choisi, on fait varier la concentration initiale en ester C_i :

1° $C_i \leqq (1-b)/a$,

$$\rho = 100\left(1+\frac{b}{aC_i}\right)\left[1-e^{-\frac{aC_i}{100}(\mathrm{Na})}\right];$$

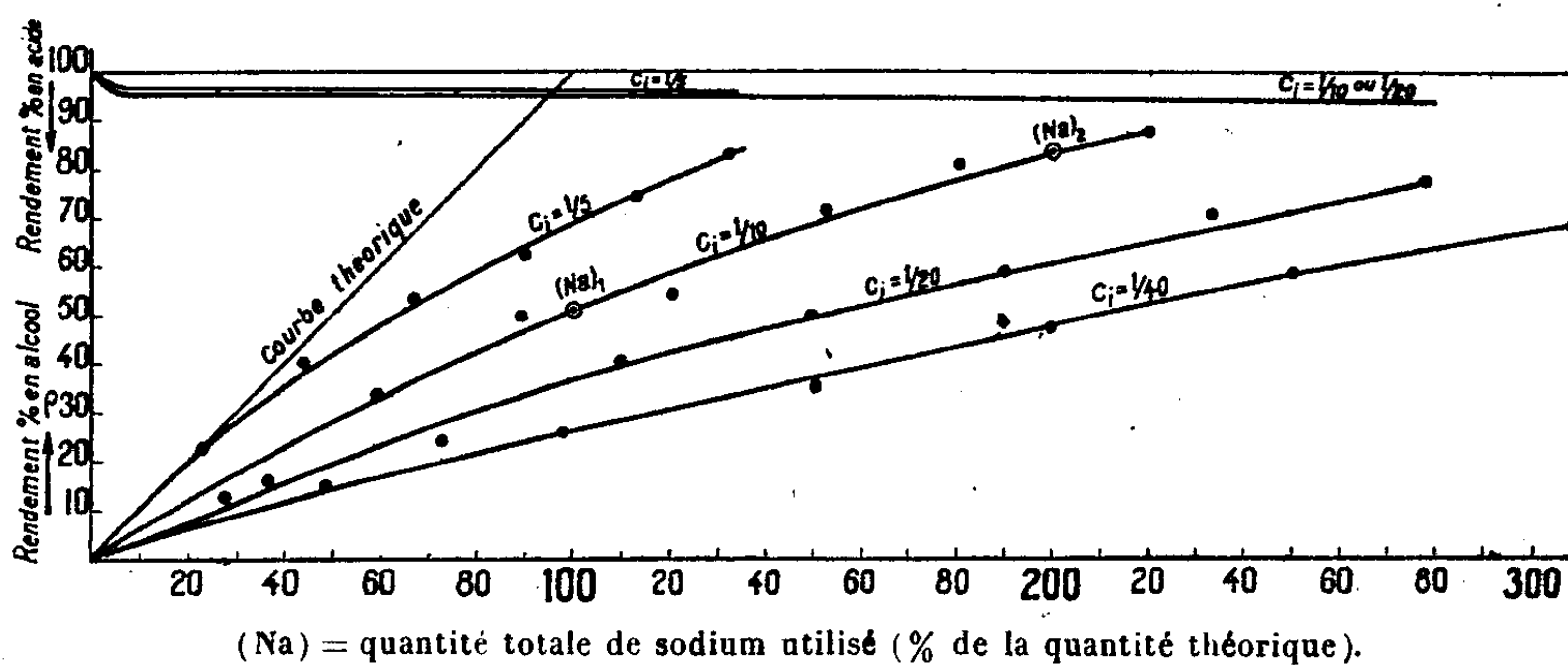
2° $C_i \geqq (1-b)/a$,

$$\rho = 100\left(1+\frac{b}{aC_i}\right)-\frac{100}{aC_i}e^{aC_i\left[1-\frac{(\mathrm{Na})}{100}\right]+b-1},$$

a et *b* sont deux constantes qui se calculent à partir des rendements ρ_1 et ρ_2 obtenus avec deux quantités de sodium $(\mathrm{Na})_1$ et $(\mathrm{Na})_2$ telles que $(\mathrm{Na})_2 = 2(\mathrm{Na})_1$ par les formules suivantes :

$$a = \frac{460}{(\mathrm{Na})_2 C_i}\log\left(\frac{\rho_1}{\rho_2-\rho_1}\right),\qquad b = aC_i\,\frac{10^{-2}\rho_1^2-2\rho_1+\rho_2}{2\rho_1-\rho_2}\qquad\left(\text{valables si } C_i \leqq \frac{1-b}{a}\right).$$

Voici comme exemple les courbes obtenues en ajoutant peu à peu le sodium



(Na) = quantité totale de sodium utilisé (% de la quantité théorique).

au mélange butanol, oléate de butyle, borate de butyle à une concentration de 4 %. Un morceau de sodium de $0^g,2$ est introduit lorsque le précédent a disparu et l'on ajoute un mélange de butanol et de borate de butyle, de façon

(1) Séance du 28 octobre 1946.

(2) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 205.

que la quantité de ces deux réactifs reste constante dans le ballon. Après avoir introduit 10 %, 20 %, 30 % etc. de la quantité théorique de sodium, on fait des prises d'essai sur lesquelles on détermine le rendement en alcool par dosage de l'ester restant et de l'acide apparu.

a et b calculés par exemple à l'aide des points indiqués sur le graphique ont pour valeur $a = 4,7$; $b/a = 0,037$. En remplaçant dans les formules précédentes, on peut vérifier que la concordance est très bonne.

Ces résultats nous ont conduits à rechercher quelles étaient les réactions permettant d'interpréter commodément les conclusions formulées dans notre première Note. Le meilleur procédé, semble-t-il, de préparation des acyloïnes consiste à ajouter l'ester à du sodium dispersé dans du xylène à une température de 100° ([3]). Or, si l'on refait la même expérience en mélangeant au préalable à l'ester la quantité théorique d'un alcool, on obtient avec d'aussi bons rendements l'alcool correspondant à l'acide de l'ester ([4]). Nous en avons déduit que la réaction de Bouveault et Blanc ne différait de la réaction de Bouveault et Locquin que du fait de la présence de H se fixant sur un certain composé intermédiaire et changeant ainsi l'évolution de la réaction. Comme le mécanisme le plus récent ([5]) de la formation des acyloïnes admet le passage par $RC\langle^{ONa}_{OR'}$, nous en avons conclu que c'est le radical qui constitue l'ester activé dont l'hydrogénation fournit $RCH\langle^{ONa}_{OR'}$, perdant ensuite une molécule d'alcoolate :

1° Soit directement en donnant l'aldéhyde, qui, formé à la surface du sodium, est immédiatement réduit en alcool primaire ;

2° Soit par une réaction de Tischtchenko donnant $R.CO.O.CH_2R$, ester dont la réduction par le même mécanisme fournit l'alcool cherché. Remarquons que si, dans cette réaction, il ne s'élimine qu'une molécule d'alcoolate, on obtient l'éther-oxyde mixte correspondant, dont la formation accessoire a souvent été observée ([6]),



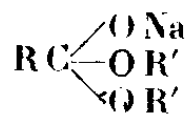
Cependant, Drins ([7]), dans un cas bien particulier, a pu isoler 2 à 3 % d'aldéhyde, ce qui semble appuyer la première hypothèse.

Quant au composé non réduit, conformément à l'explication donnée pour

---

([3]) V. L. Hansley, *J. Amer. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 2303.
([4]) E. I. du Pont de Nemours et Cie, V. P., 2070507.
([5]) J. M. Snell et M. M. Elvain, *J. Am. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 750.
([6]) G. Blanc, *Amer. Perfumerie*, 17, 1922, p. 57,
([7]) *Rec. Tr. Chim. Pays-Bas*, 42, 1923, p. 1050.

l'apparition d'acide lors de la préparation des acyloïnes ([5]), nous avons admis qu'il avait pour formule



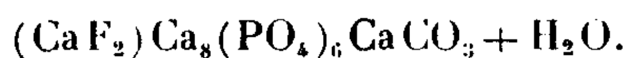
Notre étude, si incomplète soit-elle, nous a ainsi permis de jeter un peu de lumière sur une réaction qui, malgré son importance pratique et les nombreux travaux qu'elle a suscités, n'avait pas jusqu'ici, à notre connaissance du moins, fait l'objet d'une analyse détaillée.

MINÉRALOGIE. — *Sur la présence de la francolite et sur la répartition du phosphore dans le minerai de fer de Moulaine.* Note de Mlle **Simonne Caillère** et M. **François Kraut**.

La composition minéralogique du minerai de fer de Moulaine est assez constante dans les cinq horizons minéralisés qui font l'objet de cette Note. Ce sont les couches verte, noire, jaune et rouge, dans lesquelles prédominent les éléments transparents.

Les oolithes sont en stilpnosidérite; elles montrent une évolution vers la limonite dans les niveaux moyens. Leur zone corticale s'est développée autour d'un noyau, soit en quartz, soit en limonite. On retrouve ces deux minéraux sous forme de fragments clastiques directement dans le ciment. Toutes les couches sont riches en fossiles épigénisés, en calcite et en stilpnosidérite. Elles renferment également des débris d'os constitués par un agrégat de cristaux que leurs caractères microscopiques permettent de rapprocher du phosphocarbonate de chaux : la dahlite. La gangue est calcaire et ferrugineuse; dans les trois niveaux inférieurs elle contient un peu de chlorite et une grande quantité de kaolinite.

Examinons de plus près le minerai de la couche grise qui nous intéresse particulièrement. A l'œil nu, il paraît hétérogène. Des îlôts d'une roche compacte sont englobés dans une masse à gros grain dont le ciment est tantôt chloriteux, tantôt calcaire. Au microscope on remarque dans les parties calcaires quelques plages de chlorite entourant des sections hexagonales d'un minéral transparent. Ces cristaux isolés ou groupés en rosettes polarisent dans les tons gris blanc et apparaissent parfois divisés en six secteurs. Leur indice de réfraction est supérieur à celui de la chlorite. Ils sont uniaxes négatifs. L'ensemble de ces caractères rappelle la francolite ([1])



$$(CaF_2)Ca_8(PO_4)_6CaCO_3 + H_2O.$$

Ajoutons que seule une faible partie des 5,35 % de P_2O_5, mis en évidence par

([1]) A. Lacroix, *Min. de la France et de ses colonies*, 4, p. 558.

l'analyse chimique d'un échantillon de la couche grise, est due à la francolite et à la dahlite; la majeure partie du phosphore doit se trouver à l'état dispersé.

Pour étudier la répartition de cet élément, nous avons attaqué, sous le microscope par le réactif molybdique, la poudre et les plaques minces des minerais des différents niveaux. Partout la précipitation du phosphomolybdate d'ammonium se produit immédiatement avec la gangue calcaire facilement attaquable; elle est plus lente avec les oolithes. Il convient d'étudier à part chacun de ces deux milieux; nous avons donc choisi la couche rouge où il est relativement aisé de séparer les oolithes de la gangue calcaire. Un fragment de 35^g a été pulvérisé et attaqué à froid par l'acide acétique dilué qui dissout la calcite et laisse intacts les phosphocarbonates. Le résidu pèse 28^g. La différence (7^g) entre la prise d'essai et l'insoluble correspond au départ de CO_2; on peut donc calculer la teneur en calcite du minerai, soit 16^g.

Dans la substance débarrassée du gaz carbonique, nous avons séparé, à l'aide de l'iodure de méthylène de densité 3,28, une portion lourde de 10^g. On a vérifié au microscope qu'elle ne contient que des oolithes et des fragments de limonite. Dans la partie légère, il reste le quartz clastique, la chaux et les phosphocarbonates. Il a été dosé 0,87 % de P_2O_5 dans le minerai tel quel et 1,33 % dans la fraction lourde.

On peut ainsi calculer la répartition du phosphore dans la couche rouge.

Fractions	Poids (en g)	P_2O_5 (en g)
Minerai	35	0,29
Oolithes	10	0,13
Gangue	16	0,16
Quartz	9	néant

Le tableau ci-dessus montre qu'en valeur absolue les oolithes renferment une quantité de phosphore approximativement égale à celle de la gangue.

GÉOLOGIE. — *Sur les formations continentales du Quaternaire marocain.* Note (1) de MM. **Georges Choubert** et **Georges Bryssine**, présentée par M. Charles Jacob.

Cette Note ne concerne que les formations quaternaires continentales à large répartition régionale, notamment les *limons rouges inférieurs*, les *croûtes calcaires* et les *limons rouges superficiels*. Elle laisse délibérément de côté les formations côtières, fluviatiles, etc.

Les *limons rouges inférieurs* sont le mieux développés dans les plaines de la Chaouïa et de la Doukkala, où ils peuvent atteindre 50^m d'épaisseur, et de la Bahira-Tadla (2). A leur partie supérieure, ils sont encroûtés et sont donc

---

(1) Séance du 28 octobre 1946.

(2) G. Choubert, *Soc. géol. Fr.*, 11, 3 juin 1946, p. 209.

antérieurs à l'*époque de la croûte*. Nous les avons observés, dans la vallée de l'Oum er Rebia en aval d'Imfout, surmontant les cailloutis d'une terrasse de + 55 à 60^m (Milazzien). Ce fait permet de les attribuer, d'une façon très précise, à l'inter-pluvial Günz-Mindel (= Maximum milazzien).

La célèbre *croûte calcaire*, connue à travers toute l'Afrique du Nord, a été datée par J. Bourcart ([3]) comme acheuléenne. Nos observations récentes démontrent que l'*époque de la croûte* a duré pendant tout l'inter-pluvial Mindel-Riss (= Maximum tyrrhénien) et tout au moins une partie du pluvial rissien. En effet des croûtes encadrent les formations marines et dunaires tyrrhéniennes et s'y intercalent. Elles alternent également avec des lits des cailloutis des terrasses fluviatiles tyrrhéniennes (+ 25 à 30^m), qu'elles cimentent et encroûtent. Elles recouvrent en outre d'un manteau protecteur continu le relief résultant de la phase d'érosion rissienne et descendent sous les dépôts du comblement grimaldien (= l'ancien Monastirien = + 12 à 15^m) ainsi que sous le niveau de la mer. Aucune industrie, autre que l'Acheuléen et le Levalloisien, n'est connue dans la croûte et dans les formations associées à la croûte ([4]).

Les *limons rouges superficiels* ne sont jamais encroûtés. C'est la première formation postérieure à l'*époque de la croûte*. Ils constituent également les terrasses grimaldiennes (+ 12 à 15^m) et sont donc parfaitement datés (inter-pluvial Riss-Würm).

Les limons superficiels furent jusqu'à présent attribués à tort au Moustérien. Or ils n'ont fourni que du Micoquien et du Levalloisien évolué voisin du Monastirien ([5]). De même, les gisements de Mammifères contenus dans ces limons n'ont fourni aucun des éléments de la faune forestière (ours, cerfs, sangliers) qui apparaissent au Maroc au cours du Würmien et caractérisent les stations contenant du Moustérien véritable (stations de surface et surtout sous grottes) ([4]).

On ne connaît pas au Maroc de formations continentales généralisées correspondant aux cycles Sicilien et Flandrien. Toutefois ce dernier est caractérisé par la transformation, en tirs variés, des formations préexistantes telles que la croûte (Chaouïa), les limons rouges superficiels (Doukkala), les limons alluvionnaires grimaldiens (Rharb), etc.

Au point de vue climatique, l'âge et la nature des formations continentales décrites ci-dessus sont en parfait accord avec la courbe climatique que vient de définir l'un de nous ([6]). Un climat tempéré ou froid sans dépôts caractérise ses deux minima : Günzien et Würmien. C'est d'ailleurs au début du minimum

---

([3]) *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, XVI, 7 décembre 1931, p. 256.

([4]) A. Ruhlmann, *Publ. Serv. Antiquités Maroc*, VII, 1945, pp. 21 et 31.

([5]) R. Neuville et A. Ruhlmann, (*Col. Hesperis*), *Inst. Hautes Études Marocaines*, 8, 1941, p. 116.

([6]) G. Choubert, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 511.

würmien que l'homme moustérien se réfugie dans les grottes et que fait son apparition la faune forestière d'origine eurasiatique. On sait que le maximum froid en Afrique du Nord date du stade de retrait du Bühl (7).

Par contre les *climats rubéfiants* se situent sur les branches montante et descendante du maximum climatique, dont la partie culminante correspond au *climat de la croûte*. Conformément à la faible inclinaison de la branche montante, les limons rouges inférieurs, déposés pendant un laps de temps relativement long, peuvent être fort puissants. Par contre les limons rouges superficiels, dont le dépôt fut de courte durée, ne dépassent que rarement un mètre d'épaisseur (sauf dans les vallons comblés et les terrasses de la côte).

Autant la grande croûte calcaire que les limons rouges sont donc des formations fossiles dont la naissance demandait des conditions climatiques spéciales. Effectivement aucun climat actuel ne détermine plus la formation généralisée de croûtes calcaires; dans les formations post-tyrrhéniennes on n'observe que des croûtes minces, réduites et très localisées. Il semble en être de même pour les formations rouges argileuses ou latéritiques. En effet, on abandonne de plus en plus l'idée de possibilité du processus de latéritisation sous les climats tropicaux actuels (7) : dans tous les pays de latérite, les fonds des vallons et les basses terrasses ne montrent que des terres noires, grises ou jaunes, qui ne se latéritisent point. La condition climatique indispensable pour la fixation d'hydroxyde ferrique rouge fait donc défaut depuis le début du minimum würmien.

Comme l'a supposé l'un de nous pour expliquer le maximum climatique tyrrhénien (8), on pourrait admettre, à titre d'hypothèse, que la particularité rubéfiante de certains paléo-climats était due à une intensité accrue de la radiation solaire. On pourra appliquer cette hypothèse à toutes les formations rouges, si fréquentes dans les séries géologiques.

HISTOLOGIE. — *Origine épicardique des hémohistioblastes chez les* Polyclinidæ. Note de M. **Jean-Marie Pérès**, présentée par M. Louis Fage.

Dans une précédente Note (1) j'ai montré, d'après des observations cytologiques jointes à une étude biométrique, que les cellules à réserve du postabdomen des *Polyclinidæ* (dont les matériaux nutritifs sont utilisés lors du bourgeonnement) provenaient d'hémoblastes vrais (hémohistioblastes) qui, ayant colonisé le mésenchyme postabdominal, y élaborent leurs réserves avant de se réindividualiser.

Malgré les recherches de nombreux auteurs le problème de la lymphogénèse

(7) M. Dalloni, *Bull. Soc. Géogr. et Archéol., prov. d'Oran*, 61 (p. 1 du tiré à part).
(8) M. Enikeff, *Comptes rendus*, 106, 1938, p. 66.

(1) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 644.

des Ascidies est resté sans solution; l'ayant replacé sur le plan de l'hémoblastogénèse, mes observations sur les Ascidies simples ([2]) m'ont amené à conclure qu'il existe, après la métamorphose, dans l'hémolymphe des individus un stock diffus de cellules hémohistioblastiques, issues du mésoblaste embryonnaire, et qui sont à l'origine de tous les éléments du sang et du conjonctif. Le nombre considérable de cellules à réserve que renferme un postabdomen de *Polyclinidæ* prêt à se strobiliser exige de la part de l'organisme de l'ascidiozoïde une production d'hémohistioblastes d'une importance numérique tout à fait exceptionnelle. Ce matériel m'a donc paru particuliérement favorable pour rechercher l'existence d'un organe hémoblastogène. Étant donné que le réticulum mésenchymateux postabdominal est, par excellence, un lieu de *consommation intensive* de ces hémohistioblastes et que, d'autre part, ceux-ci sont très nombreux à l'état libre dans les lacunes de ce réticulum, c'est dans le postabdomen lui-même qu'il m'a paru le plus indiqué de rechercher l'éventuel organe hémoblastogène. De plus la comparaison des polygones de variation du rapport nucléole/noyau (n/Nt) des cellules hémoblastiques libres dans le thorax et l'abdomen d'*Aplidium pallidum* d'une part ([3]), et dans le postabdomen d'*Amaroucium turbinatum* d'autre part, m'a prouvé que la multiplication amitotique des hémohistioblastes libres, intense dans le premier cas, est presque nulle dans le second, et que cette multiplication, chez *A. turbinatum*, se produit plutôt pour des hémoblastes vrais qui sont déjà passés à l'état d'énergides dans le réticulum mésenchymateux postabdominal. Tout se passe donc comme si, ce réticulum étant très près du centre de production des hémoblastes vrais, la majorité de ceux-ci n'avait pas le temps de croître et de se diviser avant de se fixer dans ce réticulum. Le seul organe qui puisse être considéré comme hémoblastogène me paraissant être l'épicarde (dont le rôle dans le bourgeonnement prouve que les cellules qui le constituent sont pluripotentes), j'ai étudié sa structure cytologique chez diverses espèces de *Polyclinidæ*.

C'est au printemps (époque où commence l'édification des réserves pour les bourgeonnements futurs) que j'ai observé chez *A. turbinatum* et surtout chez *Synoicum argus*, les aspects les plus intéressants. Chez cette dernière espèce, on observe, sans discussion possible, l'émigration, surtout à partir de la partie antérieure de l'épicarde de nombreux éléments parfaitement identiques au point de vue cytologique aux hémohistioblastes; on voit aisément, dans de nombreux cas, la place vide qu'ils viennent d'abandonner dans l'épithélium épicardique. Si l'on étudie comparativement, par les méthodes biométriques que j'ai déjà mentionnées ici-même ([3]), les noyaux des cellules épicardiques et ceux des hémohistioblastes libres au voisinage de l'épicarde, on obtient deux polygones de variation très comparables avec un rapport n/Nt moyen de 0,162

([2]) *Ann. Inst. Océan.*, **21**, p. 229.
([3]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 822.

pour les premiers et de 0,150 pour les seconds. Le léger décalage vers l'origine des abscisses du polygone relatif aux noyaux des éléments libres indique qu'il y a probablement, entre le nucléole et le noyau des cellules épicardiques, une dysharmonie de croissance analogue à celle que j'ai signalée dans les hémohistioblastes libres d'*A. pallidum* (³), dysharmonie amenant la division quand le rapport n/Nt s'élève au-dessus d'une certaine valeur, et que ce sont sans doute les noyaux récemment issus de cette division (et donc à rapport n/Nt plus faible) qui s'individualisent, avec un peu du cytoplasme qui les entoure, pour former les hémohistioblastes.

On peut en somme conclure de ce qui précède que, chez les zoïdes qui se préparent à la blastogénèse en édifiant des cellules à réserve, l'épicarde joue le rôle d'organe hémoblastogène. Les hémoblastes qu'il émet peuvent évoluer suivant les différentes directions que j'ai énumérées précédemment (³), et surtout vont coloniser le mésenchyme postabdominal pour s'y transformer en cellules à réserve (¹). L'épicarde des *Polyclinidæ* nous apparaît donc comme le seul organe hémoblastogène actuellement connu chez les Ascidies, encore cette fonction hémoblastogène n'est-elle vraisemblablement pas permanente, mais limitée à la seule période où, pour préparer les cellules à réserve nécessaires à la blastogénèse, l'individu se trouve avoir besoin en un temps relativement bref d'un nombre élevé d'hémoblastes vrais. L'état présent de mes recherches ne me permet pas de préciser si cette fonction hémoblastogène de l'épicarde doit être considérée comme ayant une portée générale pour l'ensemble des Ascidies (on pourrait supposer que c'est la dislocation de l'épicarde larvaire, qui se produit dans la plupart des familles, qui est à l'origine du stock hémohistioblastique diffus que j'ai signalé), ou si cette fonction doit être considérée comme secondairement acquise par l'épicarde des *Polyclinidæ*, dont le développement et le rôle dans la blastogénèse sont plus grands que chez toute autre famille.

ENTOMOLOGIE. — *Morphologie de l'appareil buccal d'un Diptère Syrphide* (Eristalomyia sp.). Note [1] de M. **François Gouin**, présentée par M. Émile Roubaud.

Dans deux Notes précédentes [2] nous avons étudié la structure et le fonctionnement de l'appareil buccal de *Stomoxys calcitrans* L. et de quelques formes voisines, léchantes et piquantes. Chez *Eristalomyia sp.* Diptère Syrphide, l'appareil buccal comprend, en plus des éléments présents chez *Stomoxys*, les maxilles, dont l'unique lobe, la galéa [d'après Imms [3], lacinia], ne concourt pas à la formation du canal de la trompe et dont le stipes est interne. Le tentorium antérieur (TA), bien développé, relie les genæ à la paroi occipitale; le tentorium postérieur est représenté par une saillie autour du

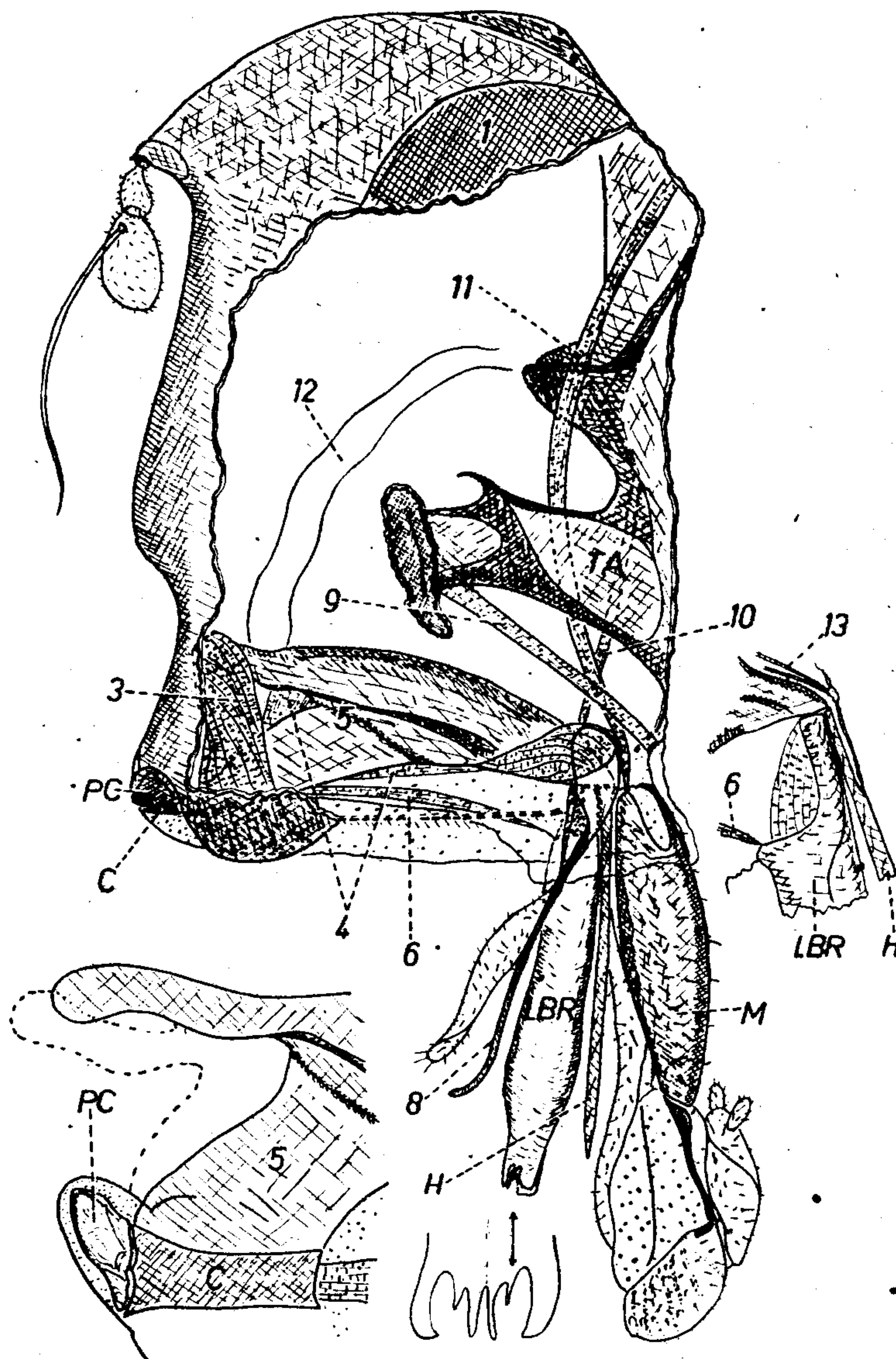
(¹) Séance du 13 novembre 1946.

(²) *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 559 et 599.

(³) *Quart. J. Microscop. Sci.*, **85** (1), 1949, pp. 73-96.

foramen. Le fulcrum est allongé; le clypéus (C), étroit, est articulé à un petit sclérite triangulaire, le postclypéus (comme chez *Calliphora sp.* et *Musca domestica*).

Outre les dilatateurs du cibarium [au sens de Snodgrass (¹)] (4), le muscle



Eristalomyia sp. — Appareil buccal; les éléments de la trompe, partiellement invaginée, sont dissociés. I, œil; 12, œsophage; H, hypopharynx; M, labium; PC, postclypeus. (Pour les autres lettres et numéros, *voir* le texte.)

grêle de la pompe salivaire (13) et le m. labroclypéal (6), la musculature comprend : le muscle du stipes (8) qui s'insère sur le fulcrum (5); un m. pair (9) s'insérant à côté du stipes sur la membrane rostrale, passant à l'extérieur du

(¹) *Smithson. Miscell. Collect.*, **104** (7), 1944, pp. 1-113.

m. stipital et se fixant au sommet du tentorium; un m. pair, ténu, qui s'insère sur la galéa à côté du palpe et, accolé au m. labio-céphalique, passe intérieurement au m. stipital pour se fixer à la base du tentorium; enfin le m. pair labiocéphalique (11) qui passe à l'intérieur du tentorium et extérieurement aux saillies pour se fixer dans la région des $4e + 5e$ tergites céphaliques.

L'étude d'*Eristalomyia sp.* permet donc d'établir les homologies suivantes pour certains éléments structuraux de *Stomoxys* :

1° l'apodème est constitué par le stipes et la partie basale de la galéa; 2° le m. labro-tentorial représente le muscle de la galéa; 3° le m. rostro-tentorial représente le 2ᵉ stipital qui, chez *Tabanus* (Imms), s'insère encore sur le stipes, mais chez *Eristalomyia* et chez *Stomoxys* a perdu le contact avec celui-ci. La saillie occipitale antérieure de *Stomoxys* et des Muscides (s. l.) représente le tentorium.

La structure du rostre muscidien résulte donc de la croissance des membranes dans le sens ventrodorsal et longitudinal.

ENTOMOLOGIE. — *La production des sexués néoténiques chez le Termite à cou jaune* (Calotermes flavicollis *F.*) : *inhibition germinale et inhibition somatique.* Note [1] de MM. **Pierre-P. Grassé** et **Charles Noirot**, présentée par M. Louis Fage.

Depuis les travaux de Grassi et Sandias (1893) on sait que toute société de Termites inférieurs, privée de reproducteurs fonctionnels, en acquiert de nouveaux en un temps plus ou moins court, grâce à la faculté que possèdent larves âgées et nymphes de devenir reproductrices, tout en restant corporellement juvéniles. Il s'agit là d'un phénomène connu dans d'autres groupes zoologiques : la *néoténie*.

La présente Note a pour objet de préciser les modalités de la formation des sexués néoténiques chez *Calotermes flavicollis*.

Les groupes orphelins, suivis jour après jour, nous ont appris que toute transformation d'une larve ou d'une nymphe en sexué néoténique est précédée d'une mue. Lorsque celle-ci est effectuée, les signes extérieurs de la néoténie deviennent apparents : pigmentation jaunâtre des téguments, développement et noircissement plus ou moins complet des yeux composés. La ponte, dans de bonnes conditions d'élevage, débute de 6 à 8 semaines après la disparition des sexués fonctionnels.

Toute larve ou nymphe est susceptible de devenir un sexué néoténique si elle a atteint ou dépassé le 4ᵉ stade (c'est-à-dire a subi au moins 3 mues) lors de la perte des reproducteurs fonctionnels. Cette *condition* étant remplie, la composition qualitative du groupe n'intervient plus dans la néoténie.

Dans le cas d'une *paire isolée*, les individus, étant de sexes différents,

[1] Séance du 13 novembre 1946.

deviennent tous les deux néoténiques et se reproduisent par la voie amphisexuelle; s'ils sont femelles, un seul se transforme et pond, l'autre demeure inchangé ([2]); si les deux sont mâles, l'un acquiert l'aspect d'un néoténique, mais nous ignorons s'il est fécond.

Castle (1934) prétend que les ovaires de larves isolées de *Zootermopsis angusticollis* tendent à s'accroître. Il n'a cependant pas vu la transformation de tels individus en néoténiques ([3]).

Des constatations précédentes, nous retiendrons le fait essentiel que toute larve de *Calotermes*, ayant atteint ou dépassé le 4e stade, est susceptible de se transformer rapidement en sexué néoténique, si elle est soustraite à l'influence gono-inhibitrice des reproducteurs fonctionnels. Son germen subit une brusque croissance qui aboutit à la production d'œufs ou de spermatozoïdes. Le soma se modifie légèrement au départ, puis se stabilise définitivement.

Ainsi, toute larve de *Calotermes* se trouve placée dans une situation paradoxale : 1° quand elle est au sein d'une société complète, son germen est freiné dans son développement, son soma au contraire poursuit sa croissance normale ; 2° quand elle est dans une société orpheline, son germen est libéré de toute inhibition tandis que son soma est irrémédiablement stabilisé.

Voyons d'un peu plus près ce qui se passe à l'intérieur d'un groupe orphelin de *Calotermes*. Les néoténiques y apparaissent en nombre variable et appartiennent à des stades différents. D'après nos observations, les individus qui muent au moment de la disparition des reproducteurs fonctionnels, ou dans la semaine qui suit celle-ci, ne se transforment pas en néoténiques. En revanche, *presque tous ceux* qui muent après ce dernier délai, acquièrent les signes extérieurs de la *néoténie*, ce qui n'implique point qu'ils deviendront *tous* des reproducteurs. Rapidement, un couple (le premier apparu ?) l'emporte sur les autres qui disparaissent peu à peu de la colonie, probablement dévorés ([4]). Devenu fonctionnel, il inhibe la poussée germinale des autres membres de la société ; de la sorte, la production des néoténiques est arrêtée et le groupe regagne son équilibre social.

De nos recherches, il ressort en outre que la salive, aliment stomodéal, n'a

---

([2]) Par ce procédé nous avons obtenu des larves d'origine parthénogénétique. La parthénogenèse chez les Isoptères était connue seulement chez les *Zootermopsis* (Light, 1938, 1943),

([3]) Nous tenons cette transformation pour impossible; tout au moins pour ce qui est des Termites à symbiotes. La mue précédant la transformation en néoténique prive l'Insecte des Flagellés qui digèrent la cellulose, et l'individu solitaire, ne pouvant se recontaminer, est condamné à mourir à bref délai.

([4]) A cet égard, on relève une grosse différence entre *Calotermes flavicollis* et les *Zootermopsis*, dont les colonies naturelles, accidentellement devenues orphelines, peuvent compter jusqu'à des centaines de sexués néoténiques. Le pouvoir gono-inhibiteur de ceux-ci s'avère très faible si l'on s'en réfère aux données des auteurs américains. Cette remarque s'applique également aux *Réticulitermes*.

pas, comme l'ont cru Grassi et d'autres biologistes (dont l'un de nous), un pouvoir gonado-stimulant. Nous retiendrons à titre de preuves que : 1° des couples isolés de larves se sexualisent bien que ne pouvant prendre un supplément de salive; 2° les couples imaginaux, fondateurs de nouvelles colonies, ne reçoivent pas de salive de leurs congénères, mangent du bois et acquièrent rapidement leur maturité génitale ; 3° pendant une longue période (jusqu'à 18 mois), les sexués néoténiques fonctionnels conservent leurs Flagellés symbiotiques et restent xylophages.

BIOLOGIE. — *Une régulation sociale à base sensorielle périphérique : L'inhibition de la ponte des ouvrières par la présence de la fondatrice chez les Polistes* (Hyménoptères-Vespidæ). Note de M. **Édouard Ph. Deleurance**, présentée par M. Louis Fage.

Les observations suivantes, effectuées au cours de recherches sur le comportement des *Polistes*, prouvent que la régulation de la ponte dans la société est, en ce qui concerne les ouvrières, commandée par un phénomène de la nature d'une inhibition liée à une stimulation externe définie.

Rappelons que les *Polistes* forment de petites colonies annuelles fondées au printemps par des femelles fécondées qui ont hiverné. Les premières générations sont constituées uniquement par des femelles d'une taille généralement plus faible qui sont les ouvrières.

J'ai constaté que ces ouvrières ne déposent pas d'œufs aussi longtemps que la fondatrice (= *reine* des auteurs) subsiste. Une fois cependant une ouvrière de *P. bimaculatus* Fourcroy insinua son abdomen dans une cellule et commença les manœuvres caractéristiques du dépôt de l'œuf, ce dépôt demande deux minutes en moyenne. Dérangée par le retour de la fondatrice, elle quitta précipitamment la place. Dès le départ de cette dernière cependant, elle récidiva dans la même cellule. Toutefois, la ponte n'eut pas lieu car elle abandonna bientôt spontanément la cellule. Par la suite, je ne l'ai jamais vu recommencer ce manège et cet alvéole resta longtemps avant d'être pourvu.

Bien que la fondatrice, en rencontrant notre ouvrière, ne manifesta aucune hostilité, l'attitude *craintive* de l'ouvrière indiquerait, éventuellement, que l'inhibition s'exercerait par une Dominance-Subordination.

L'observation suivante est beaucoup plus importante. Le 31 juillet 1946, je trouve une fondatrice de *P. bimaculatus* morte accrochée au nid [la guêpe avait succombé à une anesthésie à l'éther trop poussée, effectuée le même jour à 1^{h} (matin)]. J'enlève cette guêpe à 10^{h}. A 14^{h}30, la première ponte *observée* d'une ouvrière a lieu. Celle-ci récidive le lendemain. Le 5 août, je surprends une autre ouvrière pendant le dépôt de l'œuf. Les œufs ultérieurement pondus provenaient exclusivement de ces deux ouvrières. Notons que ces guêpes appartenaient à la première génération. Le tableau ci-après résume les données essentielles de l'observation; le nid comprenait 61 cellules.

Date.	Composition de la population — qualité.	date de la naissance.	Age de la guêpe lors de sa première ponte (en jours). P 1.	P 2.
31-7-46 1h	♀ fondatrice	?		
	☿ 1re pondeuse P 1	20-7	11	
	☿ »	22-7		
	☿ »	24-7		
	☿ 2e pondeuse P 2	24-7		
	☿ »	entre le 28-7 et le 31-7-46		
	☿ »			
	☿ »			
5-8-46...	1 (plus les 7 ☿ précédentes)	entre le 1-8 et le 4-8-46		12

La rapidité du phénomène montre que la régulation a comme point de départ une action sensorielle périphérique. *La présence de la fondatrice inhibe la ponte de l'ouvrière.* La disparition de la fondatrice provoque la levée de cette inhibition.

On pourrait penser que les ouvrières ont des œufs mûrs dans leurs ovaires qui n'attendent que cette levée d'inhibition pour être pondus. L'observation ne confirme pas cette hypothèse. En effet, sur 100 ouvrières disséquées, provenant de plusieurs nids, *pas une seule ne possédait d'ovules mûrs.* Par contre, on notait la présence de corps jaunes provenant de la dégénérescence d'ovules. En l'absence de données sur le cycle ovarien de *Polistes*, il nous est impossible de préciser davantage le mécanisme du phénomène. Toutefois, d'après ce que nous savons du cycle ovarien du Dytique, l'absence d'ovule mûr suggérerait que l'action inhibitrice interviendrait par blocage du cycle à la phase *d* de Joly (1) (phase où coexistent les phénomènes de croissance et de dégénérescence).

Quoi qu'il en soit, il est évident qu'en un tel cas, il ne peut s'agir d'une castration nutriciale. Le mécanisme de la formation des castes dépend de causes autrement complexes. On doit d'ailleurs remarquer à ce sujet, que l'apparition des sexués néoténiques chez les Termites pourrait avoir également pour point de départ des stimuli sensoriels périphériques.

Il convient de noter que la fonction génitrice (royale), assumée par l'ouvrière dans le nid orphelin, ne lui confère pas les attributs de la fondatrice vis-à-vis de ses sœurs. A Marseille, dans une autre espèce, *P. omissus* Weyrauch, j'ai observé, en effet, des pontes quasi simultanées de plusieurs ouvrières. La ponte devient alors plutôt anarchique.

Il serait intéressant par ailleurs de connaître les rapports qui existent entre les fondatrices de nids polygynes. En fait, il se pourrait que ces rapports s'établissent suivant le schéma que nous avons observé dans le nid monogyne. Dans un nid bigyne de *P. bimaculatus* étudié à Besse (Puy-de-Dôme), les pontes provenaient toujours de la même femelle.

A 15h40m l'Académie se forme en Comité sécret.

La séance est levée à 16h30m. L. B.

(1) *Arch. Zoo. exp. et gén.*, 84, 1945, p. 89.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 27 NOVEMBRE 1946.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Rollin Wavre**, professeur à l'Université de Genève, **Arthur Holly Compton**, Chancelier de l'Université Washington à Saint-Louis, **Carlos Chagas**, Membre de l'Académie du Brésil, **W. A. Engelhardt**, Membre de l'Académie des Sciences Médicales de l'U. R. S. S., **Evgeny Pavlosky**, Membre de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S., et signale que M. **Jules Bordet**, Associé étranger, délégué belge aux Cérémonies du *Cinquantenaire* de Louis Pasteur et de la remise à M. Hyacinthe Vincent du diplôme de docteur *honoris causa* de l'Université libre de Bruxelles, s'est excusé de ne pas pouvoir assister à la séance.

M. **Maurice Caullery** s'exprime en ces termes :

En rentrant de la Mission dont l'Académie nous avait chargés, notre Confrère G. Julia et moi-même, à l'effet de la représenter au *Joint-Meeting* de l'*American Philosophical Society* à Philadelphie et de la *National Academy of Sciences* à Washington (17-24 octobre), je tiens à exprimer à ces deux Compagnies tous nos remercîments pour la cordialité qui nous a été témoignée, ainsi que pour la magnifique hospitalité que nous avons reçue.

En dehors d'exposés nombreux, consacrés à des aspects généraux et nouveaux de diverses sciences particulières et à leurs applications, ou à l'histoire de ces sciences aux États-Unis, le thème principal de ces réunions était de développer et de faciliter dans l'avenir les relations scientifiques internationales, et, en particulier, d'intensifier les échanges de publications et ceux de chercheurs et de savants. Vingt-neuf Académies, dispersées dans le monde entier, avaient été invitées. Plusieurs délégations n'ont malheureusement pas pu se rendre aux États-Unis, en raison des restrictions actuelles dans les communications par bateaux ou avions. Trente délégués se sont finalement trouvés participer à ces réunions.

En dehors de la session proprement dite, qui s'est déroulée à Philadelphie

et à Washington du 17 au 24 octobre, et au cours de laquelle nous avons pris contact avec des institutions scientifiques de ces deux villes, nous avons été conviés à visiter de nombreux laboratoires à New-York (14-16 octobre), à Princeton (19 octobre), à New-Haven (*Yale University*, 20 octobre), à Cambridge et Boston (*Harvard University*, *Massachusetts Institute of Technology*, 26-27 octobre), à Chicago (*University of Chicago*, 28-29 octobre), à San-Francisco (*University of Berkeley* et *Leland Stanford University*, 1-2 novembre), Pasadena (*California Institute of Technology*, Observatoires du Mont Wilson et du Mont Palomar, Station océanographique de La Jolla (4-5 novembre). Nous sommes revenus à New-York (6-10 novembre) en visitant au passage le Grand Canyon du Colorado, accomplissant ainsi un magnifique voyage à travers les États-Unis et ayant été mis en contact direct avec une multitude de réalisations scientifiques nouvelles, aussi intéressantes que variées. Nous ne saurions exprimer qu'un seul regret, celui de n'avoir pu consacrer plus de temps à beaucoup d'entre elles. L'Académie recevra prochainement une médaille commémorative de ce *joint-meeting*.

Nous ne pouvons que souhaiter voir s'organiser, dans les années qui viennent, d'autres réunions internationales de ce genre, en divers pays et, en particulier, dans le nôtre.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'application du théorème des probabilités composées en Mécanique ondulatoire*. Note de M. **Louis de Broglie**.

La Mécanique ondulatoire faisant essentiellement intervenir dans ses prévisions des lois de probabilités, il est naturel de chercher à faire rentrer l'expression de ces lois dans le cadre des schémas généraux de la Statistique mathématique. On se heurte alors à des difficultés dont il est intéressant de préciser l'origine. Nous voudrions montrer qu'elles proviennent du fait suivant : en statistique mathématique, on admet en général implicitement un postulat qui n'est pas réalisé en Physique microscopique.

Dans la théorie des variables aléatoires continues, il est classique, pour le cas de deux variables U et V, de considérer la densité de probabilité $\rho(u, v)$ telle que les densités de probabilité relatives à U et V considérées isolément soient données par les formules

$$(1)\qquad \rho(u) = \int_{-\infty}^{+\infty} \rho(u, v)\,dv, \qquad \rho(v) = \int_{-\infty}^{+\infty} \rho(u, v)\,du.$$

Tout naturellement, on est alors conduit à définir la probabilité $P(u\,|\,v)$ de U liée par V et la probabilité $P(v\,|\,u)$ de V liée par U à l'aide des relations

$$(2)\qquad \rho(u, v) = P(u\,|\,v)\,\rho(v), \qquad \rho(u, v) = P(v\,|\,u)\,\rho(u).$$

Comme il en résulte que

$$(3)\qquad \rho(u)=\int_{-\infty}^{+\infty}\mathrm{P}(u\,|\,v)\rho(v)\,dv,\qquad \rho(v)=\int_{-\infty}^{+\infty}\mathrm{P}(v\,|\,u)\rho(u)\,du,$$

le théorème des probabilités composées indique que $\mathrm{P}(u|v)$ est la probabilité pour que U ait la valeur u quand on sait que V a la valeur v et que $\mathrm{P}(v|u)$ est la probabilité pour que V ait la valeur v quand on sait que U a la valeur u.

Or, si l'on cherche à appliquer les conceptions précédentes à la Mécanique ondulatoire, on se heurte à des difficultés quand U et V sont des grandeurs canoniquement conjuguées telles qu'une coordonnée q et le moment conjugué p.

Pour considérer le cas le plus simple, envisageons un corpuscule qui se meut le long d'une droite prise comme axe des q. Soient $\Psi(q)$ sa fonction d'onde et

$$(4)\qquad \Psi(q)=\int_{-\infty}^{+\infty}c(p)\,\varphi(p,q)\,dq$$

la décomposition de cette fonction d'onde en ondes planes $\varphi(p, q)$. La Mécanique ondulatoire nous apprend que, dans l'état du corpuscule défini par la fonction d'onde (4), les densités de probabilité relatives à q et à p respectivement sont

$$(5)\qquad \rho(q)=|\Psi(q)|^2,\qquad \rho(p)=|c(p)|^2.$$

On peut donc être tenté de définir une densité $\rho(q, p)$ telle que les relations (1) soient vérifiées. C'est ce qu'a fait fort habilement M. Bass en montrant qu'il en est ainsi pour la fonction

$$(6)\qquad \rho(q,p)=\frac{2}{h}\int_{-\infty}^{+\infty}e^{-\frac{4\pi i}{h}pz}\,\Psi(q-z)\,\Psi^*(q+z)\,dz.$$

Il serait alors naturel de poser, conformément aux définitions usuelles (2),

$$(7)\qquad \mathrm{P}(q\,|\,p)=\frac{\rho(q,p)}{|c(p)|^2},\qquad \mathrm{P}(p\,|\,q)=\frac{\rho(q,p)}{|\Psi(q)|^2}.$$

et de considérer $\mathrm{P}(q|p)$ comme donnant la probabilité de la valeur q quand on connaît la valeur p et $\mathrm{P}(p|q)$ comme donnant la probabilité de la valeur p quand on connaît la valeur q. En réalité, ceci n'est pas exact : l'interprétation physique de la Mécanique ondulatoire nous apprend que si, par exemple, on mesure exactement q, la fonction d'onde représentant l'état des probabilités après la mesure se réduit à la fonction singulière de Dirac, et qu'alors toutes les valeurs de p sont devenues également probables : de même, si l'on mesure exactement p, la fonction d'onde après la mesure sera une onde plane et toutes les valeurs de q seront devenues également probables. Or ces résultats ne concordent par du tout avec les formules (7).

Quelle est la cause de ce désaccord, d'autant plus surprenant au premier abord qu'il paraît jeter un doute sur la validité du théorème des probabilités

composées? Pour l'apercevoir, il faut partir de la remarque essentielle suivante : pour déterminer la valeur d'une variable aléatoire, il faut effectuer une opération de mesure (souvent nommée *épreuve* par les statisticiens). Or pour énoncer correctement le théorème des probabilités composées, il faut faire intervenir la probabilité pour que U ait la valeur *u quand on sait que* V *a la valeur* v, et il n'est nullement évident *a priori* que l'opération de mesure qui nous permet de connaître la valeur de V ne trouble pas profondément l'état des probabilités. Cependant dans les cas usuellement envisagés en statistique mathématique, la détermination de la valeur d'une variable aléatoire, *opération qui est alors une opération de Physique macroscopique*, ne modifie pas la valeur des autres grandeurs. Par contre, la connaissance nouvelle la plus importante acquise par la Physique quantique est précisément qu'à l'échelle atomique, une opération de mesure est susceptible de troubler entièrement la répartition des probabilités relatives aux grandeurs qui ne sont pas commutables (ni par suite simultanément mesurables) avec celle que l'on mesure. Il en résulte que, pour des grandeurs non commutables U et V, les formules (3) ne constituent plus une expression correcte du théorème des probabilités composées. La fonction $\rho(q, p)$ de M. Bass, qui se rapporte à des grandeurs non simultanément mesurables, n'a qu'un sens fictif, et les fonctions $P(q|p)$ et $P(p|q)$ qu'on en déduit par les formules (2) ne donnent pas réellement la probabilité de la valeur d'une des variables quand on connaît (nécessairement par une opération de mesure) la valeur de l'autre.

On voit donc que, dans les applications usuelles du Calcul des Probabilités, on admet implicitement un postulat qui n'est pas valable en général en Physique quantique : celui qu'une mesure est une simple *constatation* qui ne peut affecter les grandeurs autres que celle qu'on mesure.

Le théorème des probabilités composées reste d'ailleurs parfaitement valable en Mécanique ondulatoire quand on l'applique correctement. Soient Ψ la fonction d'onde du corpuscule envisagé plus haut, U et V deux grandeurs non commutables attachées à ce corpuscule, $\varphi(u, q)$ et $\chi(v, q)$ les fonctions propres relatives à ces grandeurs. On a

$$(8) \qquad \varphi(u, q) = \int_{-\infty}^{+\infty} d(u, v)\, \chi(v, q)\, dv.$$

Si, de plus, la fonction d'onde se développe sous la forme

$$(9) \qquad \Psi(q) = \int_{-\infty}^{+\infty} c(u)\, \varphi(u, q)\, du = \iint_{-\infty}^{+\infty} c(u)\, d(u, v)\, \chi(v, q)\, du\, dv,$$

les densités de probabilité dans l'état Ψ pour U et V seront

$$(10) \qquad \rho(u) = |c(u)|^2 \qquad \rho(v) = \left| \int_{-\infty}^{+\infty} c(u)\, d(u, v)\, du \right|^2.$$

D'autre part, si l'on procède successivement à une mesure de U, puis à une

mesure de V, une application, *ici parfaitement correcte*, du théorème des probabilités composées, donne pour la probabilité de V

$$(11)\qquad \rho'(v)=\int_{-\infty}^{+\infty}|c(u)|^2|d(u,v)|^2\,du=\int_{-\infty}^{+\infty}\rho(u)\,\mathrm{P}(v-u)\,du.$$

Mais $\rho'(v)$ diffère essentiellement de $\rho(v)$ parce qu'elle ne contient pas « l'interférence des probabilités », et c'est $\rho'(v)$, et non $\rho(v)$, qui obéit à une relation de la forme (3).

CHRONOMÉTRIE. — *Sur la synchronisation d'un système à plusieurs degrés de liberté*. Note (1) de M. **Jules Haag**.

Dans une précédente Note (2) j'ai indiqué une méthode générale d'étude de la synchronisation d'un balancier. Cette méthode peut être étendue à un système à n degrés de liberté.

1. Soit un système défini par les paramètres $q_1, q_2, \ldots, q_n$. Il est soumis à des forces *élastiques*, à des forces *visqueuses* et à des *forces perturbatrices très petites*, dont le travail virtuel est $\Sigma\lambda f_i\,\delta q_i$, λ désignant un coefficient constant positif infiniment petit. Les f_i sont des fonctions des q_k, q'_k et du temps t, de période $2\pi/\omega$ par rapport à t. Les forces visqueuses sont également supposées très petites et nous les affectons aussi du facteur λ.

2. Pour $\lambda=0$, le mouvement général est défini par

$$(1)\qquad q_i=\sum_{k=1}^{n}(a_{ik}u_k+b_{ik}v_k),$$

les a_{ik}, b_{ik} étant des constantes déterminées et u_k, v_k des fonctions de la forme

$$u_k=e^{-\lambda\beta_k t}(\mathrm{A}_k\cos\omega_k t-\mathrm{B}_k\sin\omega_k t),\qquad v_k=e^{-\lambda\beta_k t}(\mathrm{B}_k\cos\omega_k t+\mathrm{A}_k\sin\omega_k t).$$

Les ω_k, β_k sont des constantes positives déterminées; les A_k, B_k sont des constantes arbitraires. On a

$$(2)\qquad q'_i=\sum_{k=1}^{n}[(-\lambda a_{ik}\beta_k+b_{ik}\omega_k)u_k-(a_{ik}\omega_k+\lambda b_{ik}\beta_k)v_k].$$

3. Faisons le *changement de variables* défini par les formules (1) et (2). On démontre aisément que, pour $\lambda>0$, les équations différentielles du mouvement prennent la *forme canonique*

$$(3)\qquad u'_i=-\lambda\beta_i u_i-\omega_i v_i+\lambda g_i,\qquad v'_i=-\lambda\beta_i v_i+\omega_i u_i+\lambda h_i.$$

(1) Séance du 18 novembre 1946.

(2) *Comptes rendus*, 223, 1946, pp. 525-527.

les g_i et h_i se déduisant des f_i. Faisons le *nouveau changement de variables*

(4) $$u_i = y_i \cos\varphi_i, \qquad v_i = y_i \sin\varphi_i, \qquad \varphi_i = \omega t + \theta_i, \qquad \lambda\varepsilon_i = \omega_i - \omega.$$

Nous obtenons le système

(5) $$y'_i = \lambda(-\beta_i y_i + g_i \cos\varphi_i + h_i \sin\varphi_i), \qquad \theta'_i = \frac{\lambda}{y_i}(\varepsilon_i y_i - g_i \sin\varphi_i + h_i \cos\varphi_i).$$

Nous supposons les ε_i finis, donc *les ω_i très voisins de ω.*

Le système (5) est de la forme (9) ([3]). Le système *associé* s'obtient en remplaçant les fonctions entre parenthèses par

(6) $$\begin{cases} Y_i = -\beta_i y_i + \dfrac{1}{2\pi}\displaystyle\int_0^{2\pi}(\quad g_i \cos\varphi_i + h_i \sin\varphi_i)\,d\varphi, \\ \Theta_i = \quad \varepsilon_i y_i + \dfrac{1}{2\pi}\displaystyle\int_0^{2\pi}(-g_i \sin\varphi_i + h_i \cos\varphi_i)\,d\varphi, \end{cases}$$

en posant $\varphi = \omega t$ et regardant, sous les signes $\int$, les y_k et θ_k comme des constantes.

Les *points de synchronisation* sont donnés par les équations $Y_i = 0$, $\Theta_i = 0$, qui déterminent les y_i, θ_i. La *stabilité* de chacun d'eux se reconnaît au moyen de l'équation caractéristique. Mais, si $n > 1$, on ne peut pas faire l'étude géométrique du régime transitoire, car les courbes intégrales appartiennent à l'espace à $2n$ dimensions.

4. Dans le *cas où les f_i ne contiennent pas t*, ω est une *inconnue*. Mais les g_i, h_i ne contiennent φ que par l'intermédiaire des $\cos\varphi_k$ et $\sin\varphi_k$. Les fonctions Y_i, Θ_i ne changent pas si l'on augmente tous les θ_i d'une même constante arbitraire. Il s'ensuit que les équations de synchronisation ne contiennent en réalité que $2n-1$ inconnues. Leur *compatibilité* se traduit par une équation entre les ε_i, qui *détermine* ω.

En appliquant cette méthode au système étudié ([4]), on constate que l'équation en ω est de degré $2n+1$. L'équation caractéristique correspondant à l'une de ses racines est également de degré $2n+1$. Dans le cas de la *montre oscillante*, on a donc des équations du troisième degré.

5. J'ai appliqué aussi la présente méthode au dispositif d'entretien mutuel de n pendules, signalé par M. Bouasse ([5]) dans le cas $n=2$ et qui a fait l'objet de recherches expérimentales récentes, dans les cas $n=2$, 3 et 4, par M. Poulain, élève à l'Institut de Chronométrie. La théorie est alors très simple.

([3]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 446-449.

([4]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, pp. 734-736. Je signale que les formules (6) de cette Note n'ont aucun sens dans le cas général où les x_i ne sont pas des variables canoniques. Il en est de même des conclusions que j'en ai tirées dans les sept lignes qui suivent.

([5]) *Pendule, spiral, diapason*, II, p. 310.

L'équation de synchronisation et l'équation caractéristique sont de degrés respectifs $n-1$ et $2n-1$. *Si les n pendules sont identiques*, les $n-1$ points de synchronisation sont réels; ils sont tous stables pour $n \leqq 5$; deux sont instables si $6 \leqq n \leqq 8$, etc. Quel que soit *n, il y a toujours au moins un point stable*. Dans le *cas de deux pendules*, il y a *un seul point de synchronisation*, qui est *toujours stable*. Si l'on appelle ω_1 et ω_2 les pulsations propres des deux pendules, λ_1 et λ_2 leurs décréments logarithmiques, la pulsation des pendules couplés est $\omega = (\omega_1\lambda_2 + \omega_2\lambda_1)/(\lambda_1 + \lambda_2)$. La *différence de phase* $\theta_1 - \theta_2$ est $\operatorname{arc\,tg}[(\omega_1\lambda_1 + \omega_2\lambda_2)/2\pi(\omega_2 - \omega_1)]$. Elle croît avec l'amortissement. Si les deux pendules ont même période propre, ils oscillent en quadrature. Si C_1 est le couple (constant) appliqué au premier pendule et si I_1 est son moment d'inertie, l'amplitude de ce pendule est

$$r_1 = \frac{2C_1(\lambda_1 + \lambda_2)}{\omega I_1 \lambda_1 \sqrt{4\pi^2(\omega_1 - \omega_2)^2 + \omega^2(\lambda_1 + \lambda_2)^2}}.$$

BOTANIQUE. — *Sur le genre* Schumanniophyton *Harms et sur les propriétés remarquables de son écorce*. Note de M. **Auguste Chevalier**.

Le genre *Schumanniophyton* a été créé en 1898 par Harms pour une Rubiacée-Gardéniée décrite l'année précédente par K. Schumann sous le nom de *Tetrastigma magnifica*, plante récoltée au Cameroun en 1896. Il existait déjà un genre *Tetrastigma* Planchon appartenant à la famille des Ampelidées, ce qui nécessita le changement d'appellation générique.

La plante est un arbuste de 2^m à 4^m de haut dont les quelques branches sont terminées chacune par un bouquet de longues fleurs blanches accompagnées d'un verticille de trois feuilles sessiles immenses, ayant parfois un mètre de longueur, d'où le nom spécifique de *magnificum*.

Par la suite, d'autres formes de *Schumanniophyton*, qui sont aussi des petits arbustes, ont été observées au Cameroun, au Gabon et au Congo portugais. Elles se groupent dans le tableau suivant :

Ovaires et fruits à quatre loges :

Feuilles velues en dessous...........	*S. magnificum* (K. Schum.) Harms
Feuilles glabres en dessous..........	*S. umbraticola* Taylor

Ovaires et fruits à trois loges :

Feuilles glabrescentes en dessous....	*S. trimerum* Good
Feuilles velues en dessous..........	*S. klaineanum* Pierre Ms.

Les faibles différences qui séparent ces formes font présumer qu'elles se rapportent à un seul type spécifique.

En 1912, au moment où nous faisions l'inventaire des arbres de la forêt du Gabon, notre collaborateur F. Fleury rassembla sur l'Ogooué, près de Lambaréné, des matériaux (bois et rameaux feuillés) d'un arbre de 25 m de haut que

nous n'avons pas hésité à cette époque à rattacher au genre *Schumanniophyton*, bien qu'il fut dépourvu de fleurs et de fruits. En 1916 ([1]) nous avons à tort rapporté cet arbre à *S. Klaineanum* Pierre Ms., forme décrite, très voisine de *S. trimerum*. Une étude attentive récente nous a convaincu qu'il s'agit en réalité d'une espèce nouvelle bien différente de toutes les formes citées ci-dessus. Nous la nommons *S. arboreum*.

Schumanniophyton arboreum se différencie par ses nombreux rameaux étalés dans tous les sens, entièrement lignifiés et sans moelle comme dans les autres formes, tri- ou subquadrangulaires. Feuilles verticillées par 3 ou 4, sessiles, coriaces, ovales ou ovales-oblongues, terminées par un court et étroit acumen aigu, atténuées et arrondies à la base avec deux petites oreillettes près de l'insertion sur la tige. Ces feuilles, très glabres, ne mesurent que 25 à 35 cm de long, sur 10 à 15 cm de large. Il n'existe que 12 à 15 paires de nervures secondaires, alors que dans les autres formes on en compte jusqu'à 30, et les feuilles de ces formes ont des dimensions doubles ou triples.

En 1916, nous avons signalé que le bois de cet arbre, d'une densité de 0,825 à l'état sec, était de belle teinte et pouvait remplacer l'acajou de Tabasco.

Notre correspondant, M. A. Walker, vient de retrouver cette espèce aux environs de Fernan-Vaz, et il nous signale les propriétés remarquables de l'écorce de cet arbre nommé *Ngozé* en mpongwé. « L'écorce, écrit-il, est employée par les indigènes pour narcotiser les poissons. Mastiquée en petite quantité, elle empêche de dormir; c'est un bon stimulant pour voyager ou travailler la nuit. Prise à forte dose ou trop fréquemment, elle est regardée comme aphrodisiaque et est nuisible à la santé. On la donne aussi mélangée à de la viande ou du poisson, comme excitant, aux chiens de chasse. »

Cette plante rejoindrait donc par ses propriétés le *Mostuea stimulans* que nous avons signalé précédemment ([2]). On connaît déjà du reste des Rubiacées africaines qui ont des vertus analogues à celles que nous venons d'indiquer, en particulier le *Pausinystalia Yohimbe* Pierre et le *Pseudocinchona africana* Chev. dans les écorces desquelles des alcaloïdes ont été isolés. Des études biochimiques et physiologiques ultérieures nous renseigneront sur les propriétés réelles des écorces du *Schumanniophyton arboreum*.

M. **Serge Bernstein** fait hommage à l'Académie de son Ouvrage intitulé *Théorie des probabilités* (en langue russe).

([1]) *Végét. utiles Afr. trop. française*, IX, p. 232.

([2]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 767.

NOMINATIONS.

L'**Académie Vétérinaire de France** invite l'Académie à se faire représenter au *Centième anniversaire* de sa fondation qui aura lieu le jeudi 19 décembre.

M. **E. Leclainche** est désigné.

L'**Association amicale des anciens élèves de l'Institut National Agronomique** invite l'Académie à se faire représenter au Congrès organisé par les ingénieurs agronomes, du 4 au 6 décembre.

MM. **E. Schribaux**, **A. Michel-Lévy** et **A. Demolon** sont désignés.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Jules Rouch** et **Théodore Monod** sont élus Correspondants pour la Section de Géographie et Navigation, en remplacement de MM. *J. Schokalsky* et *W. Bowie*, décédés.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Blas Cabrera, *El Magnetismo de la Materia;*

2° *Héritage scientifique de* P. L. Tchebichef, *première partie : œuvre mathématique* (en langue russe);

3° Evgeny Pavlovsky, *Travaux scientifiques* (en langue russe);

4° Charles Moureu, *Notions fondamentales de Chimie organique,* par Henri Moureu et Paul Chovin;

5° *Les corps gras*, par Émile André.

6° *Contribution à l'étude de l'électrolyse en solution alcoolique*, par Claude Charmetant (*Thèse*).

M. **Claude Charmetant** adresse un rapport relatif à l'emploi d'une subvention accordée sur la *Fondation Loutreuil*, en 1945.

GÉOMÉTRIE. — *Surfaces minima et corps convexes en moyenne.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Nous avons, dans une Note récente ([1]), attiré l'attention sur la notion du *plus petit corps convexe en moyenne* (conv. moy.) contenant un ensemble

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 772. Nous nous excusons d'une erreur commise dans cette Note, où la dernière phrase du n° 1 doit être supprimée.

fermé E. C'est le lieu $\mathcal{K}_1(E)$ des points qui ne peuvent pas être séparés de E par une surface minima Σ. Nous désignerons par $\mathcal{K}_2(E)$ le corps défini d'une manière analogue, mais en excluant les surfaces Σ entourées par une courbe continue appartenant à E[2], et par $\mathcal{K}(E)$ le plus petit corps convexe contenant E. $\mathcal{K}_1(E)$ est contenu dans $\mathcal{K}_2(E)$, lui-même contenu dans $\mathcal{K}(E)$.

1° Prenons pour E le cylindre

$$(1) \qquad x^2+y^2=a^2, \qquad |z| \leqq h.$$

$\mathcal{K}_2(E)$ coïncide avec $\mathcal{K}(E)$. Il en est de même de $\mathcal{K}_1(E)$, si $h > a\,\mathrm{tg}\,\alpha$, 2α étant l'angle sous lequel la chaînette $y = \mathrm{ch}\,x$ est vue de l'origine. Mais, si $h \leqq a\,\mathrm{tg}\,\alpha$, $\mathcal{K}_1(E)$ est le volume annulaire défini par

$$a^2 \geqq x^2+y^2 \geqq c^2\,\mathrm{ch}^2\frac{z}{c},$$

où c est la plus grande racine de $c\,\mathrm{ch}\,(h/c) = a$.

2° Si E est contenu dans un plan P, $\mathcal{K}_1(E)$ coïncide avec E. Tout point A n'appartenant pas à E en est en effet séparé, soit par un plan parallèle à P, soit par une surface minima de révolution de centre A, d'axe normal à P, et de paramètre assez petit. Ce résultat ne s'étend pas à $\mathcal{K}_2(E)$; si E est par exemple une courbe fermée C (plane ou non), $\mathcal{K}_2(E)$ est la surface minima limitée à C.

3° Une surface minima de révolution de paramètre très petit se réduit à la limite à un plan troué en un point O. Elle sépare ce plan troué du reste de l'espace, dont les deux moitiés communiquent par O. Il en résulte que si, par un point A, on peut faire passer un plan P ne contenant aucun point d'un ensemble E fermé et borné, A n'appartient pas à $\mathcal{K}_2(E)$, ni *a fortiori* à $\mathcal{K}_1(E)$. En particulier, si E est un ensemble dénombrable, $\mathcal{K}_1(E)$ et $\mathcal{K}_2(E)$ se réduisent à E.

4° Prenons maintenant pour E l'ensemble comprenant la sphère

$$(S) \qquad x^2+y^2+z^2=R^2$$

et la circonférence

$$(C) \qquad z=0, \quad x^2+y^2=a^2>R^2.$$

$\mathcal{K}_2(E)$ est limité par deux zones de S et deux zones des surfaces minima de révolution d'axe Oz, circonscrites à S, et se coupant suivant C. Si a/R est assez voisin de l'unité, $\mathcal{K}_1(E)$ coïncide avec $\mathcal{K}_2(E)$. Mais si a est assez grand, en tout cas si $a\sin\beta > R$ [2β étant l'angle sous lequel la chaînette $y = \mathrm{ch}\,x$ est vue du point $(0, -1)$], des surfaces minima de révolution d'axes parallèles à Oz et d'autres surfaces minima peuvent traverser la couronne circulaire qui

---

(2) Nous entendons par là qu'il existe une courbe fermée appartenant à E, et qu'on ne peut pas réduire à un point par une déformation continue sans qu'au cours de cette déformation il lui arrive de contenir des points de Σ.

sépare C de S, et $\mathcal{H}_1(E)$ comprend deux parties séparées, l'une réduite à C et l'autre contenant la sphère S.

D'une manière générale, $\mathcal{H}_2(E)$ peut comprendre un ou plusieurs volumes séparés, dont chacun est limité par une surface entourant une partie de l'ensemble E, dont les trous (ou les parties dont la concavité moyenne est tournée vers l'extérieur) sont bouchés par des surfaces minima. Aucun de ces volumes ne peut avoir la connexion du tore. Au contraire, comme dans l'exemple 1°, si $h \leq a \tan g\alpha$, $\mathcal{H}_1(E)$ peut présenter un trou, comme un tore, ou plusieurs trous.

2. Plaçons-nous maintenant dans l'espace à $(n+2)$ dimensions. La surface minima de révolution y a pour méridienne la courbe définie par

$$yy'' = n(1+y'^2),$$

c'est-à-dire $x - x_0 = a\varphi_n(y/a)$, avec

$$\varphi_n(y) = \pm \int_1^y \frac{du}{\sqrt{u^{2n}-1}} \qquad (y > 1).$$

Si $n > 1$, une nappe de cette surface entoure un cylindre de révolution de rayon a, et est comprise entre deux plans dont la distance est

$$2a\int_1^\infty \frac{du}{\sqrt{u^{2n}-1}} = \frac{2a}{n}\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^{-\frac{1}{n}}\varphi \, d\varphi = \frac{a\sqrt{\pi}}{n}\,\frac{\Gamma\left(\frac{1}{2}-\frac{1}{2n}\right)}{\Gamma\left(1-\frac{1}{2n}\right)}.$$

Pour a très petit, elle se réduit à la limite à un plan troué, de sorte que les conclusions du 3° ci-dessus relatives à l'espace à trois dimensions subsistent dans le cas actuel. L'ensemble des résultats obtenus du 1° au 4° subsiste de même, la chaînette $y = \operatorname{ch} x$ étant seulement remplacée par la courbe $x = \varphi_n(y)$.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces à courbure moyenne isotherme.* Note de M. **Victor Lalan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. L'examen d'un problème spécial de représentation conforme [1] m'a conduit à étudier certaines surfaces jouissant de la propriété que leurs lignes d'égale courbure moyenne sont des courbes isothermes. Or, on démontre qu'en vertu des équations de Codazzi, les lignes en question ont pour équation différentielle

$$r\omega^1 + s\omega^2 = 0,$$

où ω^1 et ω^2 désignent, comme dans mes Notes précédentes, les formes minima de la surface, et r et s les invariants simultanés de ces deux formes. Cette

[1] *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 632-633.

équation, sur nos surfaces, doit être équivalente à $du + dv$, u et v étant des intégrales premières convenablement choisies de ω^1 et ω^2. Si l'on pose $\omega^1 = \alpha(u, v)\,du$, $\omega^2 = \beta(u, v)\,dv$, ce qui entraîne $r = -\alpha_v/\alpha\beta$, $s = -\beta_u/\alpha\beta$, la condition précédente donne

$$\alpha r = \beta s, \qquad \text{c'est-à-dire} \qquad \alpha\alpha_v = \beta\beta_u;$$

il existe donc une fonction $\psi(u, v)$ telle que l'on ait

$$\omega^1 = \sqrt{\psi_u}\,du, \qquad \omega^2 = \sqrt{\psi_v}\,dv.$$

Telle est la forme remarquablement simple que l'on peut donner aux formes minima d'une quelconque des surfaces considérées.

2. Les formes quadratiques de la surface sont alors, si l'on égale à $f(u + v)$ la courbure moyenne H,

$$ds^2 = 2\,\frac{\psi_{uv}}{f'}\,du\,dv, \qquad \Phi = \psi_u\,du^2 - 2f\frac{\psi_{uv}}{f'}\,du\,dv + \psi_v\,dv^2.$$

L'équation de Gauss exige que $\psi(u, v)$ et $f(u + v)$ soient liées par

$$(1) \qquad \frac{\partial^2}{\partial u\,\partial v}\left(\log\frac{\psi_{uv}}{f'}\right) = \frac{\psi_u\psi_v}{\psi_{uv}}\,f' - \psi_{uv}\,\frac{f^2}{f'}.$$

Quand on se donne arbitrairement $f(u + v)$, $\psi(u, v)$ n'est déterminée par cette équation qu'à des fonctions près d'un argument. En revanche, une fois choisie $\psi(u, v)$ parmi les fonctions convenables, $f(u + v)$ se détermine généralement sans arbitraire, du fait que l'équation (1) a des coefficients dépendant d'autre chose que de $u + v$. Pour trouver f sans intégration, faisons agir deux fois successivement sur (1) l'opération $D = (\partial/\partial u) - (\partial/\partial v)$, qui, appliquée à une fonction de $u + v$, donne zéro; nous trouvons

$$D\,\frac{\partial^2}{\partial u\,\partial v}(\log\psi_{uv}) = f'\,D\,\frac{\psi_u\psi_v}{\psi_{uv}} - \frac{f^2}{f'}\,D\psi_{uv},$$

$$D^2\,\frac{\partial^2}{\partial u\,\partial v}(\log\psi_{uv}) = f'\,D^2\,\frac{\psi_u\psi_v}{\psi_{uv}} - \frac{f^2}{f'}\,D^2\psi_{uv}.$$

Généralement, ces deux équations donneront, par résolution, f' et f^2/f', donc f, et cela prouve qu'en général, quand on connaît les formes minima $\omega^1 = \sqrt{\psi_u}\,du$, $\omega^2 = \sqrt{\psi_v}\,dv$ d'une surface, les deux formes quadratiques de la surface sont virtuellement déterminées, conformément à la règle générale.

3. Cette règle souffre des exceptions. Si, par exemple, ψ_{uv} et $\psi_u\psi_v$ ne sont fonction que de $u + v$, l'opération D donne partout zéro, et f n'est assujettie qu'à l'équation (1), qui est une équation différentielle ordinaire du troisième ordre en f. L'hypothèse présente exige, et c'est un résultat assez caché, que $\psi(u, v)$ satisfasse aux deux conditions

$$\psi_u = \sqrt{\varphi(u + v) + C} + \sqrt{C}, \qquad \psi_v = \sqrt{\varphi(u + v) + C} - \sqrt{C}.$$

ou, en posant pour simplifier, $\sqrt{\varphi(u+v)+C}=g(u+v)$, et, pour respecter la réalité, $\sqrt{C}=-ia$,

$$\psi_u=g(u+v)-ia, \qquad \psi_v=g(u+v)+ia \qquad (a, \text{ const.}).$$

L'équation (1) devient, en posant $u+v=t$,

$$(2) \qquad \frac{d^2}{dt^2}\left(\log\frac{g'}{f'}\right)=(g^2+a^2)\frac{f'}{g'}-f^2\frac{g'}{f'}.$$

Cette fois, lorsqu'on se donne $\omega^1=\sqrt{g(u+v)-ia}$, $\omega^2=\sqrt{g(u+v)+ia}$, la fonction $f(u+v)$ n'est déterminée qu'à trois constantes arbitraires près. Les surfaces correspondantes ne sont autres que les *hélicoïdes*.

4. Dans le cas particulier où $a=0$, on obtient les *surfaces de révolution*. Dans ce cas, l'équation (2) ne change pas si l'on permute les fonctions f et g : cela montre que, du point de vue de la forme, les surfaces de révolution s'associent deux à deux, par simple permutation des fonctions f et g.

$$(S) \qquad ds^2=2\frac{g'}{f'}\,du\,dv, \qquad \Phi=g\,du^2+2f\frac{g'}{f'}\,du\,dv+g\,dv^2,$$

$$(S') \qquad ds^2=2\frac{f'}{g'}\,du\,dv, \qquad \Phi=f\,du^2+2g\frac{f'}{g'}\,du\,dv+f\,dv^2.$$

Quand on passe de S à S', le rapport des courbures principales aux points homologues est simplement changé de signe : à une sphère correspond une caténoïde, à la surface engendrée par une cycloïde tournant autour de sa base correspond une surface engendrée par une parabole tournant autour de sa directrice, etc. Si la méridienne a pour point courant x, y, l'axe de révolution étant Ox, le passage d'une méridienne à l'autre se fait par les formules

$$(3) \qquad Y=\frac{k^2}{y}, \qquad \frac{dX}{Y}=-\frac{dx}{y} \qquad (k, \text{ const.})$$

qui conservent le parallélisme des tangentes, ainsi que l'invariant non euclidien $\sqrt{dx^2+dy^2}\,y$, mais changent le sens de la concavité.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Théorie nouvelle des planètes du système solaire.* Note de M. **Henri Roure**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous nous proposons d'appliquer au système solaire la méthode utilisée pour la Lune par Hill et Brown, mais en tenant compte de la latitude de la planète perturbatrice dès la première approximation. Le plan fondamental est l'écliptique, l'origine au centre du Soleil, les axes SXYZ orientés comme d'usage. Soient X, Y, Z, r, M, n, v, $N=nt+\lambda$; X', Y', Z', r', M', n', v', $N'=n't+\lambda'$, les coordonnées rectangulaires, le rayon vecteur, la masse, le moyen mouvement, les longitudes moyenne et vraie des planètes perturbée et perturbatrice; soient a' et a le demi grand axe de l'orbite de la planète pertur-

batrice et une constante voisine du demi grand axe de l'orbite de la planète perturbée, M_0 la masse du Soleil. Soient $SX_1Y_1Z_1$ des axes tournants tels que SZ_1 coïncide avec SZ et que SX_1 fasse avec SX l'angle v'. La fonction des forces étant

$$(1)\qquad U = f\frac{M_0+M}{r} + fM'\left[\frac{1}{\sqrt{(X-X')^2+(Y-Y')^2+(Z-Z')^2}} - \frac{XX'+YY'+ZZ'}{r'^3}\right],$$

nous poserons

$$T = i(v - v'),\qquad D = \frac{d}{dT},\qquad m = \frac{n'}{n-n'},\qquad 2\nu = \frac{M'}{M_0+M'},$$

$$m'^2 = \nu m^2,\qquad \rho = \frac{a}{r},\qquad \rho' = \frac{a'}{r'},$$

$$ax = X_1 + iY_1,\qquad ay = X_1 - iY_1,\qquad az = iZ_1.$$

Soit s' la latitude de la planète perturbatrice, on sait que

$$(2)\qquad X' = r'\cos s'\cos v',\qquad Y' = r'\cos s'\sin v',\qquad Z' = r'\sin s'.$$

Introduisons dans (1), x, y, z, et transformons cette expression en tenant compte de (2). Posons aussi : $f(M_0+M) = K(n-n')^2a^3$. Nous obtiendrons pour U

$$\frac{U}{(n-n')^2a^2} = K\rho + 2\nu m^2\left\{-\frac{1}{8}(xy+2z^2) + \frac{3}{16}(x^2+y^2) + \left[\frac{3}{8}(xy+2z^2) + \frac{3}{16}(x^2+y^2)\right]\cos 2s'\right\} + F,$$

F contenant les termes en ρ' et les puissances supérieures de x, y, z. Si nous posons encore : $\beta = \cos 2s' + 1$, $\beta' = 3\cos 2s' - 1$, la théorie des mouvements relatifs nous donne le système

$$(3)\qquad \begin{cases} D^2x + 2mDx + (1-2\nu)m^2x + \frac{3}{2}(\nu m^2)\beta(x+y) - K\rho^3x + 2\frac{\partial F}{\partial y} = 0,\\ D^2y - 2mDy + (1-2\nu)m^2y + \frac{3}{2}(\nu m^2)\beta(x+y) - K\rho^3y + 2\frac{\partial F}{\partial x} = 0,\\ D^2z - (K\rho^3 + \nu m^2\beta')z - \frac{\partial F}{\partial z} = 0.\end{cases}$$

Nous intégrerons ce système en première approximation par la méthode des coefficients indéterminés en posant $z = 0$, $F = 0$, puis

$$x\theta^{-1} = \Sigma m'^{2q}x_q,\qquad y\theta = \Sigma m'^{2q}y_q,\qquad x_q = \Sigma x_{q,k}\theta^k,\qquad y_q = \Sigma y_{q,k}\theta^k,\qquad \theta = e^T,$$

et nous obtiendrons $x_{q,k}$ et $y_{q,k}$ au moyen du système algébrique linéaire

$$M_kx_{q,k} + N_ky_{q,k} = A_k,\qquad P_kx_{q,k} + Q_ky_{q,k} = B_k,$$

avec

$$M_k = -\frac{k}{2} + [\quad],\qquad N_k = k^2 - k(\quad) + [\quad],\qquad P_k = k^2 + k(\quad) + [\quad],$$

$$Q_k = \frac{k}{2} + [\quad],$$

où ( ) et [ ] ont pour expressions

$$(\quad) = \frac{3}{2} + 2m, \qquad [\quad] = \frac{1}{2} + 2m + \frac{3}{2}\left(1 - 2\nu + \frac{3}{2}\nu\beta\right)m^2.$$

Nous pourrons obtenir ainsi $x_{q,k}$ et $y_{q,k}$ développés suivant les puissances de $\cos 2s'$. Ensuite nous aurons : $r^2 = X_1^2 + Y_1^2 + Z_1^2 = a^2(xy)$ et nous poserons

$$v = Nt + \frac{l}{i}$$

et nous pourrons obtenir r et l sous la même forme, les coefficients des puissances de $\cos 2s'$ étant des séries en θ^2. Remplaçant les puissances de $\cos 2s'$ en fonctions des cosinus des multiples de $2s'$ et réduisant, nous obtiendrons pour r et v des séries des formes suivantes

$$r = \Sigma r_{2h,k} \cos[2h(N - N') - 2ks'], \qquad v = N + \Sigma l_{2h,k} \sin[2h(N - N') - 2ks'].$$

Rétablissant successivement z et F et intégrant par la même méthode, nous obtiendrons pour r, v, s, X, Y, Z, des séries de même forme que plus haut.

Par cette résolution du problème nous avons obtenu les avantages suivants :

1° la latitude de la planète perturbatrice figure dans les arguments des inégalités et leur calcul est plus facile;

2° dès la première approximation on tient compte de toutes les puissances des masses;

3° nous pouvons faire disparaître tous les termes séculaires;

4° la méthode s'applique sans modification aux astéroïdes autres que les planètes Troyennes, mais pour celles-ci il suffit de faire : $T = ip(N - N')$, p étant un entier déterminé pour chaque planète par la condition que

$$m_1 = \frac{m}{p} < 1;$$

5° les calculs sont tous algébriques et simples

CHRONOMÉTRIE. — *Sur l'entretien d'un pendule par le courant alternatif du secteur.* Note ([1]) de MM. **Paul George** et **Pierre Mesnage**, présentée par M. Jules Haag.

L'objet de la présente Note est d'apporter une réponse à quelques questions soulevées par des expériences antérieures ([2]). On sait qu'un pendule 1/2 sec. par exemple peut être entretenu par le courant alternatif à 50 Hz passant dans une bobine fixe et agissant sur un noyau de fer doux lié au pendule. On ne voit pas de relation de la fréquence du pendule avec celle du secteur ni avec un sous-multiple de celle-ci. Les essais rapportés ici diffèrent des précédents par diverses améliorations (perfectionnement des mesures de temps, pendule débar-

([1]) Séance du 18 novembre 1946.

([2]) Cf. E. Hirschi et P. Mesnage, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 53.

rassé de son rouage d'horloge, source de perturbations et de résistances passives irrégulières) et surtout par l'emploi d'un noyau en *anhyster* pour élucider le rôle de l'hystéréris.

Tout d'abord, contrairement à ce qui est dit dans la Note précitée, il existe bien pour chaque valeur de la tension d'excitation une amplitude de régime, vers laquelle tend le pendule que son amplitude initiale soit inférieure ou supérieure; c'est l'importance et l'irrégularité des résistances offertes par le rouage qui avait masqué cette propriété. Si l'on applique la tension à la bobine, le pendule étant initialement au repos complet, il se met en route pourvu qu'aucune résistance (autre que l'amortissement naturel purement visqueux du pendule libre) ne lui soit opposée, et qu'un noyau en anhyster soit utilisé *à l'exclusion du fer doux ordinaire*. Mais le *régime permanent* est parfois très long à s'établir : des expériences avec enregistrement photographique des amplitudes prolongé pendant 6 heures montrent une durée d'établissement de 2 à 3 heures en moyenne; encore subsiste-t-il souvent une certaine modulation de l'amplitude à très basse fréquence dont on ne sait pas au bout de combien de temps elle disparaît, ni même si elle doit disparaître.

Ces observations sont à considérer à la lumière de la récente théorie de M. Haag ([3]) qui oblige à repenser la notion de synchronisation de façon beaucoup plus approfondie qu'on ne le faisait jusqu'à présent. Il montre en effet l'existence de *tolérances de fréquence* petites mais finies pour le régime synchronisé simple ou sous-harmonique; l'existence de *régimes à glissement de phase* qui, à notre échelle, peuvent être difficiles à discerner de régimes réellement synchronisés; enfin l'*approche asymptotique* dans certaines conditions du régime synchronisé, c'est-à-dire en pratique après un régime transitoire si long qu'on ne peut pas en fixer le terme. Malheureusement, pour des vérifications quantitatives, il faudrait que la force synchronisante, en l'espèce le secteur, ait une fréquence réellement constante, ce qui est loin d'être le cas.

Le résultat le plus net que nous ayons obtenu est relatif au rôle du noyau d'anhyster. Nous avions observé précédemment que la variation de la différence $T - T_0$ des périodes du pendule entretenu et libre en fonction de T_0 présentait *une partie périodique*, nous avons bien revu cet effet avec un noyau de fer doux, mais il disparaît presque entièrement avec un noyau d'anhyster. On soupçonne encore dans la courbe de $T - T_0$ une composante périodique, mais elle ne dépasse guère les erreurs accidentelles; on en conclut que l'effet disparaîtrait totalement avec l'hystérésis. On peut supposer que celle-ci est la cause de régimes déphasés dans lesquels la phase glisse tantôt en avant tantôt en arrière, donnant ainsi l'illusion de régimes synchronisés avec des périodes plus courtes ou plus longues. L'hystérésis du noyau apparaît donc comme un phé-

([3]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 314; **223**, 1946, p. 525.

nomène accessoire compliquant les apparences observées et ne jouant par ailleurs qu'un rôle de frein par la consommation supplémentaire d'énergie qu'elle entraîne.

ACOUSTIQUE. — *Étude d'une méthode de résonance pour la mesure de la transmission des vibrations sonores à travers une cloison et de leur réflexion.* Note [1] de M. **Pierre Liénard**, présentée par M. Henri Béghin.

1. Cette méthode utilise la résonance de deux systèmes acoustiques de même fréquence couplés par l'échantillon de cloison à étudier. Chacun est constitué d'un tuyau sonore fermé par une plaque actionnée par une barre vibrante; ces trois pièces ont même fréquence propre (250 hz). Les tuyaux sont disposés dans le prolongement l'un de l'autre et séparés par la cloison. Les barres P_0, P, de section rectangulaire, sont rectilignes et fixées à leurs nœuds de vibration S_0, S. La barre motrice P_0 est entretenue par des électro-aimants et un amplificateur. L'air du premier tuyau transmet ses vibrations au deuxième à travers la cloison, et la barre P, réceptrice, entre en résonance. Une partie des ondes qui frappent la cloison retourne vers la source et diminue l'amplitude du moteur. Des amplitudes des barres P_0 et P; A_0, A sans cloison, a_0, a avec cloison, on déduit le coefficient de transmission T des énergies sonores, et le coefficient de réflexion R, ainsi que le coefficient d'absorption $1 - R - T$. La mesure des amplitudes est faite avec deux micromètres à vis et leviers. Leur précision est de 1 à 2 microns.

Le tuyau moteur est de longueur réglable, de manière à placer la plaque motrice à un nœud de vibration du tuyau. La longueur ainsi obtenue permet de calculer le déphasage φ introduit par la réflexion de l'onde sur la cloison.

2. Les barres vibrant transversalement vérifient l'équation aux dérivées partielles classique

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \frac{EI}{\rho S}\frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = 0,$$

l'axe Ox étant l'axe longitudinal de la barre, avec origine au milieu, l'axe Oy, transversal dans le plan de vibration, E le module d'élasticité et ρ la densité de la barre, S sa section droite, I le moment d'inertie de cette section par rapport à l'axe perpendiculaire au plan de vibration.

Les conditions aux limites sont, en désignant par 2L la longueur de la barre et 2D l'écartement des supports, $y = 0$ sur les appuis où $x = \pm D$, et $\partial^2 y/\partial x^2 = \partial^3 y/\partial x^3 = 0$ aux extrémités où $x = \pm L$. (Le moment fléchissant et l'effort tranchant sont nuls.)

Les barres peuvent vibrer avec 2, 4, 6, ... ou 3, 5, 7, ... nœuds. Les positions des nœuds de ces divers modes ne coïncident jamais, et les fréquences correspon-

[1] Séance du 18 novembre 1946.

dantes ne sont pas harmoniques. La fréquence de la barre sera donc unique sans harmoniques possibles et sans réaction sur des supports placés aux nœuds. Nous utilisons le premier mode, à deux nœuds; la fréquence correspondante est $N = 0,257(e/L^2)\sqrt{E/\rho}$, e désignant l'épaisseur de la barre; l'écartement des nœuds est $2D = 0,552.2L$.

L'étude expérimentale vérifie les résultats de l'étude théorique.

3. Dans le tuyau sonore sans cloison s'établit une onde stationnaire à minima non nuls due à l'interférence de l'onde émise, d'amplitude B_0 à l'origine, et de l'onde réfléchie à l'autre extrémité, d'amplitude B'. L'amplitude résultante en fonction de l'abscisse x dans le tuyau est

$$y = B_0\, e^{-fx}\, e^{i\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)} + B'\, e^{-f(\lambda - x)}\, e^{-i\Phi}\, e^{i\left(\omega t + \frac{2\pi x}{\lambda}\right)},$$

en désignant par λ la longueur d'onde, ω la pulsation, f l'amortissement exponentiel dans le tube, Φ le déphasage dû à la réflexion sur l'extrémité P qui a un coefficient de réflexion pour les vitesses $G = (B'\, e^{-i\Phi}/B_0\, e^{-\lambda f})$.

Si l'on interpose une cloison coupant le tuyau, des équations analogues existent pour chaque demi-tuyau, en remplaçant les amplitudes B_0 et B' par b_0 et b' (tuyau moteur) ou par b et b' (tuyau récepteur). Le coefficient de réflexion de la cloison pour les vitesses est $g = (b'\, e^{-i\varphi}/b_0\, e^{-(\lambda f/2)})$ et pour les énergies $R = g^2$.

Le coefficient de transmission de la cloison pour les énergies est $T = (b/b_0\, e^{-(\lambda f/2)})^2$.

Ces équations permettent de calculer dans les deux cas, avec et sans cloison, les valeurs de l'amplitude du mouvement de l'air du tuyau à ses extrémités (où sont les plaques P_0 et P) en fonction des amplitudes B_0, B, b_0, b et des coefficients G et g; on obtient ainsi quatre relations. Une cinquième est établie par la condition que ces mesures avec et sans cloison sont faites avec la même intensité électrique d'entretien du système moteur.

Les nombres G et Φ étant caractéristiques de l'appareil (on trouve pratiquement $G = 0,13$, $\Phi = \pi$), on obtient par élimination, tous calculs et corrections faits,

$$R = \left(\frac{0,285 + 2,285 g}{1,725 - 0,285 g}\right)^2, \qquad -g = 8,023 - \frac{60,1}{8,61 - \frac{a_0}{A_0}},$$

$$T = \left(\frac{a}{A_0}\right)^2 \left(\frac{8,023}{8,61 - \frac{a_0}{A_0}}\right)^2, \qquad \varphi = \pi\left(3 - 4\frac{L}{\lambda}\right).$$

Dans ces équations, les nombres A, a... représentent les amplitudes de l'air du tuyau aux extrémités. On mesure en fait l'amplitude des barres vibrantes, que l'on a vérifié leur être proportionnelles; les nombres A, a,... peuvent donc représenter aussi bien ces amplitudes mesurées dans les équations

ci-dessus, puisque seuls leurs rapports interviennent. Les valeurs de R et de T sont déterminées simplement en fonction des amplitudes A_0, a_0, a, par un abaque à points alignés.

4. De nombreuses mesures ont été faites pour 115 échantillons de matériaux très divers. Les résultats ont été comparés à ceux obtenus par d'autres méthodes, mettant ainsi en évidence l'influence des conditions d'essai des matériaux. Nous avons été amené à étudier expérimentalement pour plusieurs échantillons l'influence de la variation des conditions : serrage de la cloison, impédances qui l'entourent, etc., ce qui a montré que les qualités acoustiques d'un matériau ne sont pas fonction de ses propriétés physiques seules, mais dépendent, dans une large mesure, des conditions extérieures.

OPTIQUE. — *Nouvelles formules relatives à la lumière réfléchie et transmise par un empilement de lames à faces parallèles.* Note (¹) de M. **Florin Abelès**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le problème des couches minces, déposées sur un support réfléchissant ou non, présente beaucoup d'intérêt du point de vue pratique. Par ce procédé, on peut supprimer ou augmenter fortement le facteur de réflexion du verre ou bien construire des filtres monochromatiques dans les deux sens (laissant passer ou supprimant une bande spectrale très étroite). C'est pour aider à sa résolution que nous publions les formules qui suivent.

Ces formules ont été établies par nous à partir des équations de Maxwell. Nous ne nous arrêterons pas sur la façon dont on en fait l'application au problème qui nous intéresse. Retenons seulement que les équations de passage pour chaque surface séparant deux milieux différents forment un système d'équations linéaires dont les inconnues sont les amplitudes des ondes se propageant dans les divers milieux. La forme particulière de ce système nous a permis de démontrer la relation de récurrence qui va suivre.

Soient ${}_k r$ le rapport des amplitudes des ondes réfléchie/incidente sur k couches superposées et r_k le rapport des amplitudes des ondes réfléchie/incidente sur la surface de séparation des milieux d'indices n_k et n_{k-1}. J'ai démontré que dans le cas de $n-1$ couches, ${}_{n-1}r$ est une fonction homographique de r_n

$$(1) \qquad {}_{n-1}r = \frac{a + b r_n}{c + d r_n}.$$

Pour passer de là au cas de n couches, c'est-à-dire pour avoir ${}_n r$, il suffit de remplacer dans (1) r_n par

$$r'_n = \frac{r_n e^{i\alpha_n} + r_{n+1}}{e^{i\alpha_n} + r_n r_{n+1}},$$

(¹) Séance du 18 novembre 1946.

quantité qui n'est autre chose que le rapport des amplitudes des ondes réfléchie/incidente sur la $n^{\text{ième}}$ couche considérée comme un tout, tandis que r_n était le même rapport, mais relatif à la $n^{\text{ième}}$ intersurface.

Soient de même ${}_kt$ et $t_k = 1 + r_k$ les coefficients analogues aux précédents relatifs aux ondes transmises. J'ai démontré que

$${}_{n-1}t = \frac{1 + r_n}{c + dr_n} = \frac{t_n}{c + dr_n}$$

et que

$${}_nt = \frac{t'_n}{c + dr'_n},$$

où

$$t'_n = \frac{(1 + r_n)(1 + r_{n+1})\, e^{i\frac{\alpha_n}{2}}}{e^{i\alpha_n} + r_n r_{n+1}},$$

quantité qui est le rapport entre les amplitudes des ondes transmise/incidente à travers la $n^{\text{ième}}$ couche considérée comme un tout.

D'ailleurs, on peut remarquer que l'on déduit de ces formules la possibilité de passer directement des ${}_ir$ et ${}_it$ aux ${}_{i+k}r$ et ${}_{i+k}t$ en remplaçant simplement r_{i+1} et t_{i+1} par les rapports des amplitudes réfléchie/incidente et transmise/incidente dus au système de k couches ajoutées.

Voici d'ailleurs les formules complètes déduites des relations de récurrence :

$${}_nr = \frac{\displaystyle \mathop{\mathrm{S}}_{p=0}^{k} \sum_{a=1}^{n+1-2p} r_a e^{i\sum_a^{b-1}\alpha_m} \sum_{b=a+1}^{n+1-(2p-1)} r_b \sum_{c=b+1}^{n+1-(2p-2)} r_c e^{i\sum_c^{d-1}\alpha_m} \sum_{d=c+1}^{n+1-(2p-3)} r_d \ldots \sum_{j=h+1}^{n+1} r_j e^{i\sum_j^{n}\alpha_m}}{\displaystyle \mathop{\mathrm{S}}_{p=0}^{k} e^{i\sum_1^{a-1}\alpha_m} \sum_{a=1}^{n+1-(2p-1)} r_a \sum_{b=a+1}^{n+1-(2p-2)} r_b e^{i\sum_b^{c-1}\alpha_m} \sum_{c=b+1}^{n+1-(2p-3)} r_c \sum_{d=c+1}^{n+1-(2p-4)} r_d e^{i\sum_d^{f-1}\alpha_m} \ldots \sum_{j=h+1}^{n+1} r_j e^{i\sum_j^{n}\alpha_m}} = \frac{A_n}{B_n}.$$

$${}_nt = \frac{\displaystyle \prod_{k=1}^{n+1} (1 + r_k)\, e^{i\frac{\alpha_k}{2}}}{B_n}.$$

Le signe S indique qu'il faut faire la somme de tous les produits obtenus en faisant successivement $p = 0, 1, \ldots, k$; à condition de prendre au numérateur un nombre impair de r_i dans chaque produit, et au dénominateur un nombre pair, y compris zéro $\left(\text{c'est-à-dire } e^{i\sum_1^n \alpha_m}\right)$.

Notations. — $k = n/2$ ou $(n + 1/2)$ suivant que n ou $n + 1$ sont des nombres pairs, $\alpha_i = 2\pi \times 2 n_i e_i \cos\theta_i/\lambda$; $e_i =$ épaisseur de la couche d'indice n_i; $\theta_i =$ angle que fait le rayon lumineux dans la couche d'indice n_i avec la normale à la surface de séparation.

Ces formules sont valables que les divers milieux soient ou non métalliques, pourvu que leur perméabilité magnétique soit $\mu = 1$. Dans le premier cas, on remplacera simplement n_k par $\nu_k + i\varkappa_k$, où $\varkappa_k$ est l'indice d'extinction du métal.

On étend ainsi le domaine de validité des formules au cas d'un nombre quelconque de couches déposées sur un support métallique.

Les formules s'appliquent aussi à la lumière polarisée ou non sous incidence oblique. On peut prévoir alors l'état de polarisation de la lumière émergente ou réfléchie.

Elles permettent de calculer le déphasage des rayons réfléchis et transmis par rapport au rayon incident. Ces déphasages sont les arguments de ${}_nr$ et de ${}_nt$.

Les formules trouvées permettent en outre d'évaluer les facteurs de réflexion R_n et de transmission T_n dues aux n couches. En effet, on a

$$R_n = |{}_nr|^2, \qquad T_n = \frac{n_{n+1}}{n_0} \times \frac{\cos\theta_{n+1}}{\cos\theta_0} \times |{}_nt|^2.$$

L'état de polarisation, le déphasage et les facteurs de réflexion et de transmission peuvent être mesurés expérimentalement. On a ainsi plusieurs possibilités de vérifier la validité des formules trouvées.

DIÉLECTRIQUES. — *Sur le moment électrique des cétones.* Note de M. **Jean Granier**, présentée par M. Aimé Cotton.

La formule fondamentale de Debye qui relie la polarisation au moment électrique n'est rigoureuse que pour les gaz. Dans le cas d'un liquide polaire, les attractions entre dipôles voisins créent un champ interne extrêmement intense et difficilement calculable. Aussi lorsqu'on veut déterminer expérimentalement le moment μ d'un liquide est-on généralement conduit à le dissoudre dans un solvant non polaire : on opère avec des concentrations de plus en plus faibles, et finalement on extrapole pour obtenir la polarisation P_∞ correspondant à une dilution infinie. D'autres séries de mesures effectuées à des températures différentes permettent de tracer la droite représentant P_∞ en fonction de $1/T$ et de mesurer sa pente; elle est proportionnelle à μ^2.

Toutefois, en opérant ainsi, on ne tient pas compte de l'action des dipôles sur les molécules du solvant, action relativement faible certes, mais qui dépend du pouvoir inducteur du solvant et par suite de la température. Aussi certaines valeurs contenues dans les tables de moments sont-elles entachées d'une erreur systématique qui peut n'être pas toujours négligeable.

Nous nous sommes proposé d'en préciser quelques-unes, en nous limitant momentanément aux cétones; dans ce but nous avons opéré avec plusieurs solvants dont les pouvoirs inducteurs K étaient nettement différents, puis extrapolé jusqu'à $K = 1$ pour obtenir une valeur correcte de P_∞.

Dispositif expérimental. — Pour qu'on puisse négliger les interactions entre dipôles, il faut utiliser de très faibles concentrations, de l'ordre du millième; seule la méthode des battements permet alors d'obtenir une précision suffisante

et c'est elle que nous avons adoptée. Les produits étudiés ont été l'acétone, la diéthylcétone et la benzophénone, avec comme solvant l'hexane, le benzène, le toluène et le sulfure de carbone. Nous avons dû renoncer à l'emploi du tétrachlorure de carbone qui, ainsi que l'a signalé Muller, forme avec les cétones des associations moléculaires et fournit des résultats anormaux. Les mesures relatives à l'acétone ne présentent qu'un intérêt secondaire puisqu'on a déjà pu étudier directement sa vapeur; voici les résultats obtenus pour la diéthylcétone et la benzophénone :

Valeurs de P_∞ *à* 20°.

	Dans			
	l'hexane (K = 1,90).	le benzène (K = 2,28).	le toluène (K = 2,39).	le sulfure de carbone (K = 2,65).
Diéthylcétone	180	178	177	174
Benzophénone	243	239	237	231

à 60°.

	(K = 1,83).	(K = 2,20).	(K = 2,30).	(K = 2,54).
Diéthylcétone	162	160	159	157
Benzophénone	222	222	219	215

Ces polarisations P_∞ sont représentées en fonction de K par des courbes paraboliques qui, par extrapolation jusqu'à $K = 1$, fournissent les nombres suivants :

	20°.	60°.
Diéthylcétone	182	163,5
Benzophénone	246	224

On en déduit les valeurs des moments :

Diéthylcétone	$2,70.10^{-18}$
Benzophénone	$2,95.10^{-18}$

PHOTOLUMINESCENCE. — *Influence de l'orientation des cristaux en électrophotoluminescence*. Note de MM. **Georges Destriau** et **Joseph Mattler**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons recherché si l'orientation des cristaux par rapport à la direction du champ électrique jouait un rôle dans l'électrophotoluminescence (excitation de la luminescence des solides par les champs électriques).

On sait que diverses substances, notamment certains oxydes de zinc, s'illuminent sous la seule action des champs électriques variables suffisamment intenses. Par contre, en utilisant un champ constant, l'illumination ne s'observe qu'au moment où l'on applique le champ ou encore au moment de sa suppression; ainsi l'illumination accompagne seulement les modifications du champ électrique. Dans ces conditions nous avons pensé que l'on devait obtenir une

illumination permanente en faisant tourner les microcristaux dans un champ constant; l'expérience a confirmé ces prévisions.

La substance sensible (oxyde de zinc) est fixée sur une tige cylindrique isolante, immergée dans de l'huile, entre deux électrodes planes auxquelles on applique une différence de potentiel constante élevée. La tige, mobile autour de son axe, est entraînée par un moteur à vitesse variable. Lorsque la vitesse de rotation est suffisante, la substance s'illumine. Pour les petites vitesses de rotation la brillance croît rapidement avec celles-ci, pour les vitesses élevées les variations de la brillance paraissent plus faibles. Les mesures quantitatives sont difficiles car l'illumination reste toujours faible, les champs électriques susceptibles d'être obtenus dans ce montage étant peu intenses. Pour des distances entre électrodes d'une dizaine de millimètres, nous n'avons guère pu dépasser dans ces essais 15000 volts : cm; or, pour produire une belle illumination avec les champs alternatifs, il faut des champs de l'ordre de 100000 volts efficace par centimètre.

Nous nous sommes assurés, en supprimant le champ, que la luminescence observée pendant la rotation de la tige n'était pas une triboluminescence.

Cette influence de l'orientation des cristaux se manifeste de même dans le phénomène de l'illumination fugace. On sait qu'en dehors du phénomène de luminescence propre signalé ci-dessus, et pour des champs bien plus faibles, certains sulfures de zinc à forte persistance, soumis à l'action des rayons X, puis, après un temps de repos, à l'action d'un champ électrique, s'illuminent vivement mais d'une manière très fugace. Avec des champs alternatifs il n'est pas possible d'obtenir une nouvelle illumination fugace en appliquant une seconde fois le champ, à moins d'avoir au préalable irradié à nouveau la substance avec les rayons X.

Il est à préjuger que dans cette action des champs électriques, seuls les électrons situés dans des bandes convenablement orientées subissent l'action du champ; dès lors, en modifiant simplement l'orientation des microcristaux, on doit pouvoir observer une nouvelle illumination fugace lors d'une deuxième mise sous tension sans qu'il soit nécessaire d'irradier à nouveau la substance.

Pour réaliser cette expérience, la substance a été introduite dans un petit tube rempli d'huile, lui-même plongé dans de l'huile entre deux électrodes planes. Après irradiation aux rayons X, puis désactivation par une première mise sous tension, on tourne le tube d'un certain angle de manière à modifier l'orientation des cristaux par rapport au champ, on obtient alors une seconde illumination (et ceci sans excitation préalable) lorsqu'on applique à nouveau la tension. L'intensité de cette deuxième illumination dépend essentiellement de l'angle dont on a tourné le tube contenant les cristaux. Elle est maximum pour une rotation de 90°; elle est au contraire nulle pour une rotation de 180°. On doit donc en conclure que le champ est efficace lorsqu'il est parallèle aux bandes du réseau cristallin. Lorsqu'on retourne les cristaux de 180°, le champ

agit sur les mêmes bandes et il n'est pas étonnant que dans ces conditions on ne retrouve plus d'illumination fugace lors de la deuxième mise sous tension. L'effet est maximum lorsque après une rotation de 90° les bandes de conductibilité qui étaient normales à la direction du champ, et par suite sur lesquelles celui-ci ne pouvait agir, se retrouvent, après rotation, parallèles à la direction du champ, donc susceptibles de subir son influence.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Nouvelle méthode d'étude des propriétés mécaniques des couches superficielles des solutions aqueuses de produits tensio-actifs.* Note (1) de M. **Raphaël Matalon**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Une nouvelle méthode d'étude des propriétés mécaniques des couches superficielles des solutions aqueuses de *savons* a été réalisée; il s'agit d'une extension de la méthode de l'étrier rectangulaire étudiée d'abord par Proctor Hall (2) et Lénard (3), et récemment par H. Lemonde (4) et J. Thibaud et H. Lemonde (5) en France.

Bien que cette méthode n'ait été utilisée jusqu'ici que pour mesurer la tension superficielle des liquides, la présente étude montre que les *courbes d'étirement* permettent de mesurer les propriétés mécaniques de la couche superficielle et de définir une grandeur liée à la concentration de cette couche.

Le principe de la méthode consiste à enregistrer la valeur de la force exercée sur l'étrier rectangulaire, au cours de la traction de cet étrier du sein du liquide jusqu'au décollement.

La courbe ainsi décrite est la courbe d'étirement. Une série de courbes a été obtenue avec chaque substance étudiée pour diverses concentrations. Toutes les expériences ont été faites à la température de 40° C., sauf quelques rares exceptions.

Les différents types de courbes obtenues, avec les solutions d'un seul produit tensio-actif ou les solutions de corps donnant des couches mixtes par la technique de pénétration de Rideal et Schulman, sont représentés sur la figure.

I. Les caractéristiques de ces courbes sont :

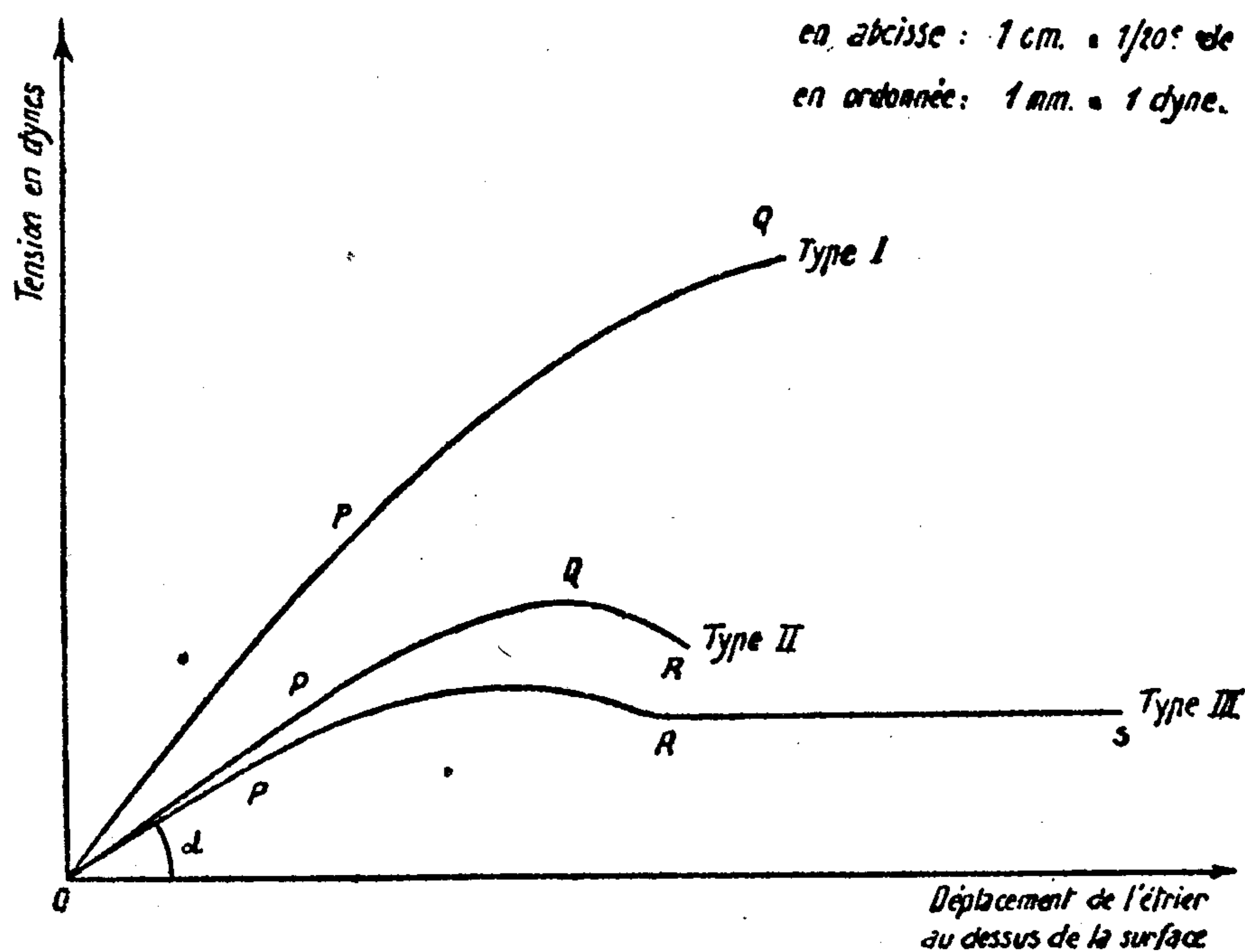
1° Une première partie presque rectiligne OP. La tangente de l'angle *a* croît avec la tension superficielle, sa valeur est constante pour une tension superficielle donnée et ne dépend pas de la constitution moléculaire, ou de l'état de dispersion des corps en solution aqueuse.

---

(1) Séance du 13 novembre 1946.
(2) *Phil. Mag.*, **36**, 1893, p. 385.
(3) *Ann. Physik*, **74**, 1924, p. 381.
(4) *Journal de Physique*, **9**, 1938, p. 505.
(5) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 355; *Journal de Physique*, 8e série, **2**, 1, 1941, p. 26.

2° Au delà du point Q le volume du liquide limité par le prisme de hauteur égale à la hauteur actuelle du fil au-dessus de la surface, et de section égale à celle du fil, s'affaise, ce qui provoque une chute dans la valeur de la force enregistrée.

3° Le point R correspond à la formation d'une lame. Cette lame s'étend de



R à S, et en S se produit la rupture. La longueur de RS dépend de la vitesse de traction.

II. Le type de la courbe d'étirement obtenu pour une substance donnée en solution varie quand augmente la concentration de cette substance.

a. La courbe passe du type I aux types II ou III, selon les cas, quand la concentration en savon est égale ou supérieure à la concentration critique de formation de petites micelles définie par G. S. Hartley ([6]).

b. La longueur du palier est maximum à la concentration de formation des grosses micelles, et qu'il est préférable d'appeler, d'après les travaux de J. Stauff ([7]), Kiessig, Philipoff ([8]), la concentration au delà de laquelle le corps en solution commence à s'organiser.

III. La longueur du palier est en relation avec le pouvoir moussant et la stabilité des mousses.

([6]) *Aqueous solutions of Paraffin Chain Salts*, Paris.

([7]) *Kolloid Zeits.*, 89, 1939, p. 224.

([8]) *Naturwiss.*, 27, 1939, p. 593.

Elle donne aussi une expression de la richesse de la région superficielle en molécules actives, et de la facilité de diffusion des molécules de l'intérieur du liquide vers la surface de la lame.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches sur l'hydrotropie. Étude de la solubilité du benzène dans les solutions aqueuses de quelques sels d'acides gras.* Note [1] de M. **René Durand**, présentée par M. Louis Hackspill.

En modifiant la première définition qui en fut donnée par Neuberg [2], on appelle *hydrotropie* la propriété qui consiste, pour un composé, à fournir des solutions aqueuses pouvant dissoudre en quantité notable des corps très peu solubles dans l'eau pure. Les sels d'acides organiques et un grand nombre d'autres produits sont hydrotropes. Les travaux publiés jusqu'ici sur cette question présentent en général un caractère qualitatif. Par une étude plus précise, je m'efforce de mettre en relief des idées générales permettant de rattacher l'hydrotropie à d'autres propriétés des solutions.

Nous envisagerons systématiquement dans la présente Note le cas des sels de sodium des acides gras normaux saturés, du formiate à l'undécanate [3]. Comme produit à solubiliser, j'ai choisi le benzène qui appartient à la classe la plus simple des composés chimiques et dont la solubilité dans l'eau (nettement plus grande que celle des carbures aliphatiques de même poids moléculaire et de même volatilité) permet de ne pas se heurter à des difficultés de mesure excessives. Dès ce premier travail, il importait de préciser ce qu'est le pouvoir hydrotrope, de le fixer par un chiffre en définissant, compte tenu de l'effet de sel, un coefficient d'hydrotropie.

On prépare des solutions n, $2n$, etc. saturées des sels organiques. Par des additions successives de benzène à la burette, suivies d'agitations, on aboutit à un trouble persistant ou à une légère répartition de benzène en surface indiquant à 1 % près, l'obtention d'une solution saturée. Ces opérations furent effectuées à 16°. Cette méthode, directe, a l'inconvénient d'être fastidieuse. La mise au point d'un procédé colorimétrique beaucoup plus rapide est en cours.

Les résultats obtenus sont résumés en une série de courbes (*fig.* 1) qui donnent le nombre s de centimètres cubes de benzène nécessaire pour saturer un litre de solution aqueuse d'hydrotrope à 16°, en fonction de la normalité N de l'hydrotrope. Ces courbes ont une allure sensiblement parabolique, la pente croissant avec la longueur de chaîne. On note au contraire un effet relargant

---

(1) Séance du 18 novembre 1946.

(2) *Biochem. Zeits.*, 76, 1916, pp. 107-176.

(3) On trouvera néanmoins sur la figure 1 des courbes se référant à des sels dont la structure rend intéressante une comparaison avec ceux des acides gras : benzoate, benzène, sulfonate, cyclohexane carboxylate, phénylacétate de sodium.

jusqu'au valérate pour les solutions n, jusqu'au butyrate pour les solutions $2n$, et seules, parmi les solutions saturées, celles de formiate et d'acétate présentent cet effet et ne peuvent par conséquent figurer sur un graphique à la même échelle. Les deux courbes obtenues avec ces solutions se superposent à la fois

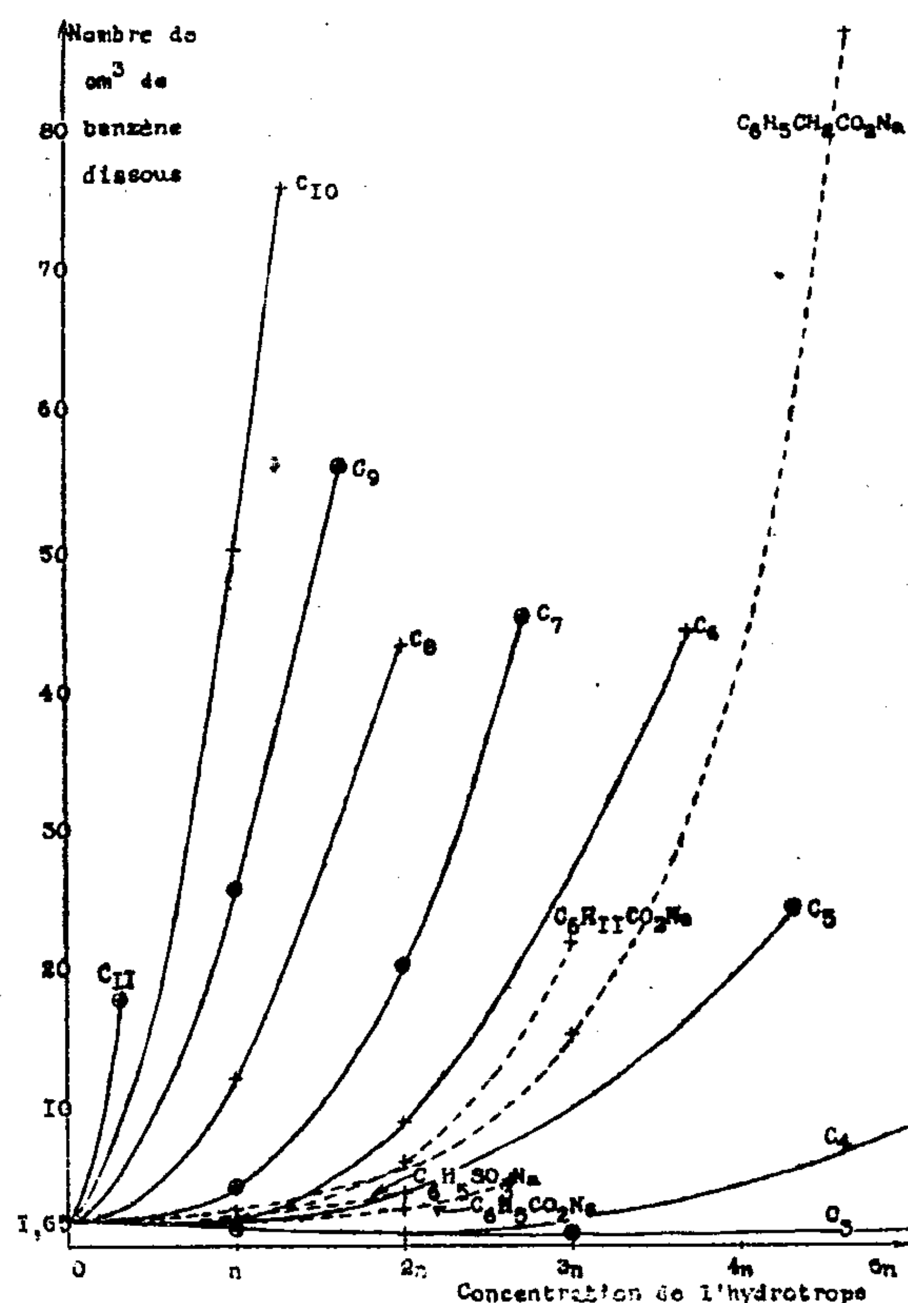


Fig. 1.

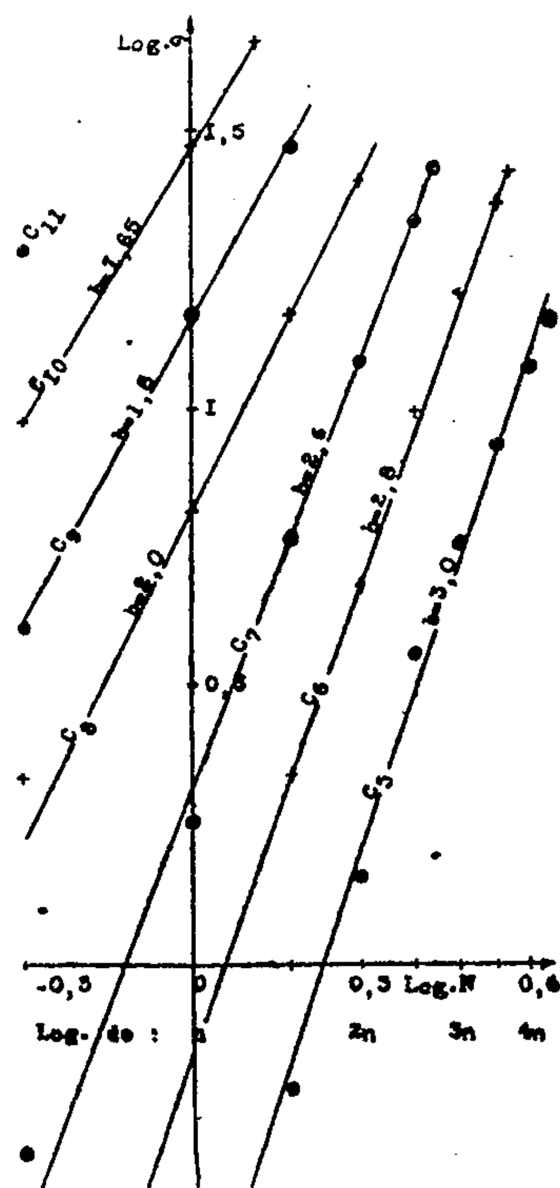


Fig. 2.

l'une à l'autre et à celle qui correspond à des solutions de chlorure de sodium que nous supposerons purement relargantes.

En tenant compte de cet effet, appelons σ l'*augmentation relative de solubilité* définie de la manière suivante : $\sigma = ds/s_0 = (s - s_1)/s_0$, en représentant respectivement par s, s_1, s_0, la solubilité du benzène à 16° dans un litre de solution d'hydrotrope, de chlorure de sodium de même concentration, d'eau distillée.

Il paraît légitime de prendre $s - s_1$ et non $s - s_0$, car avant de dépasser la solubilité dans l'eau, il faut d'abord vaincre l'effet de relargage dû à la fonction saline.

Une série de courbes analogues à celles de la figure 1, construites avec σ et non avec s en ordonnées, ont effectivement, à partir du valérate, une allure parabolique beaucoup plus satisfaisante.

Nous pouvons écrire $\sigma = A.N^b$.

Si nous portons en abscisses $\log N$ et en ordonnées $\log \sigma$, nous obtenons un

faisceau de droites (*fig.* 2). Nous pouvons ainsi définir et mesurer A et *b*, qui caractérisent chaque droite, c'est-à-dire chaque hydrotrope, vis-à-vis du soluté considéré.

On définira, comme *indice d'hydrotopie*, $A = \sigma/N^b$ représentant l'augmentation relative de solubilité σ en solution normale, nombre déduit des courbes de la figure 2, la mesure directe donnant très souvent un chiffre un peu plus bas à cette concentration relativement faible, où les erreurs d'expérience sont encore importantes par rapport au pouvoir hydrotrope.

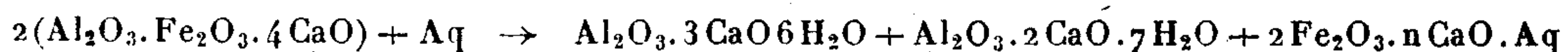
Pour les premiers termes et même jusqu'au butyrate, on observe presque exclusivement l'effet relargant dont l'étude n'entre pas dans le cadre du présent travail. Notons toutefois qu'aux concentrations très élevées, l'effet hydrotrope paraît déterminé par les mêmes lois que pour les termes supérieurs.

CHIMIE MINÉRALE. — *Hydratation de l'aluminoferrite tétracalcique.* Note (¹) de M. **Jacques Brocard**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les auteurs ayant étudié l'hydratation de l'aluminoferrite tétracalcique $Al_2O_3.Fe_2O_3.4CaO$ sont tous d'accord pour reconnaître la formation d'aluminate tricalcique cubique $Al_2O_3.3CaO.6H_2O$ et d'un gel amorphe de ferrite de calcium. Certains ont remarqué la présence de cristaux hexagonaux qu'ils ont signalés comme étant de l'hydrate de chaux; d'autres ont pensé qu'il s'agissait d'un aluminate hexagonal.

Au cours d'essais systématiques, nous nous sommes efforcé de contribuer à la résolution de ce problème si complexe.

Un essai d'hydratation à 15°C., effectué en agitant 30^g d'aluminoferrite dans 2 litres d'eau distillée, a montré qu'il se forme une solution sursaturée contenant plus de chaux que d'alumine, il n'y a jamais d'oxyde de fer en solution. Au bout d'une demi-heure, cette solution laisse déposer des cristaux d'aluminate cubique, ainsi que des cristaux hexagonaux d'aluminate bicalcique $Al_2O_3.2CaO.7H_2O$, caractérisés par la raie 10,6 Å. On remarque également la formation d'un gel amorphe brunâtre contenant de la chaux et de l'oxyde de fer. La réaction serait la suivante :



$$2(Al_2O_3.Fe_2O_3.4CaO) + Aq \rightarrow Al_2O_3.3CaO\,6H_2O + Al_2O_3.2CaO.7H_2O + 2Fe_2O_3.nCaO.Aq$$

Au cours d'un essai d'hydratation qui a duré très longtemps, les chercheurs américains ont remarqué que la solution s'enrichissait petit à petit en chaux pour se stabiliser à une concentration de 1^g,087 de CaO par litre. Aucune interprétation n'a été donnée du phénomène. Nous pensons que cette augmentation de la concentration en chaux provient de la dissociation du gel en oxyde de fer et hydrate de chaux qui entre en solution et provoque la transformation

(¹) Séance du 13 novembre 1946.

de l'aluminate bicalcique en aluminate tétracalcique, qui semble bien mis en évidence par la stabilisation de la concentration en chaux de la solution à $1^g,08$ par litre qui est exactement la limite d'hydrolyse de ce composé. Il convient de noter toutefois que dans leur diagramme de rayons X les Américains n'ont pas reconnu les raies de l'aluminate tétracalcique. En vue de vérifier cette expérience fondamentale, nous laissons se poursuivre l'hydratation à la température ambiante ($15°C. < T < 18°C.$). Nous avons déjà remarqué que la concentration en chaux de la solution, qui présente un minimum au bout de 8 jours : $0^g,29$ par litre, augmente ensuite très doucement mais régulièrement comme le montrent les résultats suivants :

Temps	8 jours	2 mois	3 mois
CaO ($g/1000^{cm^3}$)	0,29	0,35	0,36

Notre hypothèse sur la dissociation du gel amorphe de ferrite de calcium a été vérifiée par des essais d'hydratation à des températures plus élevées (50, 70 et 100° C.). A ces températures, la solution sursaturée cristallise rapidement, puis la concentration en chaux passe par un minimum au bout de 24 heures environ et se met à croître aussitôt. L'analyse cristallographique confirme cet indice de décomposition du gel en montrant que l'oxyde de fer libéré prend une structure cristalline. En effet, les radiogrammes obtenus après hydratation de l'aluminoferrite à 50, 70 et 100° C., présentent les raies de l'aluminate cubique plus une raie à 2,51 Å qui coïncide avec une raie principale de l'hématite Fe_2O_3. Pour caractériser l'hématite d'une manière plus évidente, nous avons lavé nos produits d'hydratation de façon à éliminer la plus grande proportion possible d'aluminate cubique; nous avons trouvé alors trois raies intenses de l'hématite à 2,69, 2,51 et 1,84 Å.

Au point de vue technique, nous pensons que la possibilité de dissociation du gel amorphe de ferrite de calcium avec formation d'hématite donne une explication satisfaisante du changement de couleur qui accompagne, dans certains cas, la décomposition des ciments alumineux. Ces produits contiennent de l'aluminoferrite et des ferrites de calcium qui donnent également en s'hydratant des gels brunâtres amorphes contenant de l'oxyde de fer et de la chaux, et nous pensons que c'est à la formation à partir de ces gels, de cristaux d'hématite, qu'il faut attribuer la couleur rougeâtre du ciment.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des éthers diaryliques dissymétriques α-γ du glycérol.* Note (1) de M. **Émile Levas**, présentée par M. Marcel Delépine.

On connaît de nombreux diéthers diaryliques symétriques du glycérol. Par contre, un seul diéther *dissymétrique* a été décrit à notre connaissance :

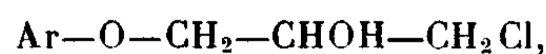
(1) Séance du 13 novembre 1946.

le diéther α-phénylique-γ *p*-crésylique



$$C_6H_5-O-CH_2-CHOH-CH_2-O-C_6H_4-CH_3,$$

préparé en condensant le *p*-crésol avec l'éther phénylique du glycidol ([2]). La condensation de phénates de Na avec des *chlorhydrines* du type



$$Ar-O-CH_2-CHOH-CH_2Cl,$$

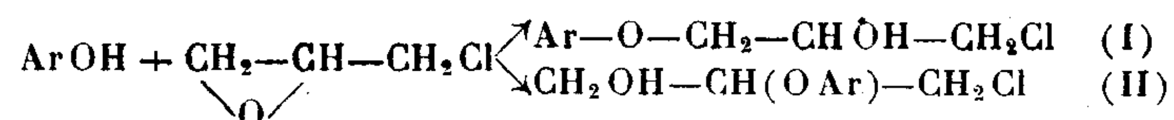
faciles à obtenir par condensation de l'épichlorhydrine avec un phénol en présence de BF_3 ([3]), nous a permis de préparer commodément toute une série de diéthers diaryliques dissymétriques; les détails expérimentaux paraîtront dans un autre Recueil.



$$Ar-O-CH_2-CHOH-CH_2Cl + Ar'ONa \rightarrow Ar-O-CH_2-CHOH-CH_2-O-Ar' + ClNa.$$

Si Ar=Ar', on obtient les diéthers symétriques décrits précédemment ([3]).

Remarque. — Cette étude nous a permis de confirmer nos vues ([3]) sur la structure des *chlorhydrines* résultant de la condensation de l'épichlorhydrine avec un phénol. A priori deux isomères (I) et (II) sont possibles,

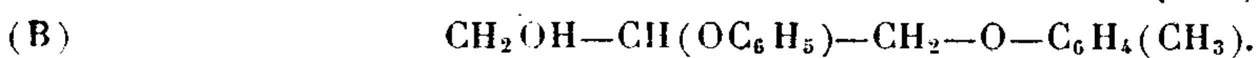


$$ArOH + \underset{\diagdown O \diagup}{CH_2-CH}-CH_2Cl \begin{cases} \nearrow Ar-O-CH_2-CHOH-CH_2Cl & (I) \\ \searrow CH_2OH-CH(OAr)-CH_2Cl & (II) \end{cases}$$

Si Ar=C_6H_5, (I) et (II) doivent donner par condensation avec le *p*-crésolate de Na respectivement les diéthers (A) et (B),

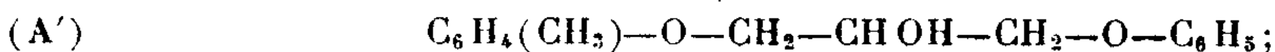


(A) $C_6H_5-O-CH_2-CHOH-CH_2-O-C_6H_4(CH_3)$;



(B) $CH_2OH-CH(OC_6H_5)-CH_2-O-C_6H_4(CH_3)$.

De même, si Ar=*p*-crésyle, (I) et (II) doivent donner respectivement avec le phénate de Na les diéthers (A') identique à (A), et (B') différent de (B),



(A') $C_6H_4(CH_3)-O-CH_2-CHOH-CH_2-O-C_6H_5$;



(B') $CH_2OH-CH(OC_6H_4-CH_3)-CH_2-O-C_6H_5$.

Or, l'expérience a montré que la *chlorhydrine* obtenue à partir du phénol forme avec le *p*-crésolate de Na un seul diéther (rendement 98 %), identique à celui que la *chlorhydrine* obtenue à partir du *p*-crésol donne avec le phénate de Na (rendement 93 %) : le diéther α-phénylique-γ *p*-crésylique. La condensation du phénol ou du *p*-crésol avec l'épichlorhydrine procède donc bien suivant le mécanisme (I), déjà admis à la suite de l'étude des diéthers symétriques obtenus à partir des mêmes *chlorhydrines*.

Rendements et constantes des diéthers $Ar-O-CH_2-CHOH-CH_2-O-Ar'$ préparés par condensation en proportions équimoléculaires d'une *chlorhydrine*



$$Ar-O-CH_2-CHOH-CH_2Cl$$

avec un phénate Ar'ONa.

([2]) BOYD, *J. Chem. Soc.*, 79, 1901, p. 1221.

([3]) E. LEVAS et H. LEFEBVRE, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 555; H. LEFEBVRE, M. et Mme E. LEVAS, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1439.

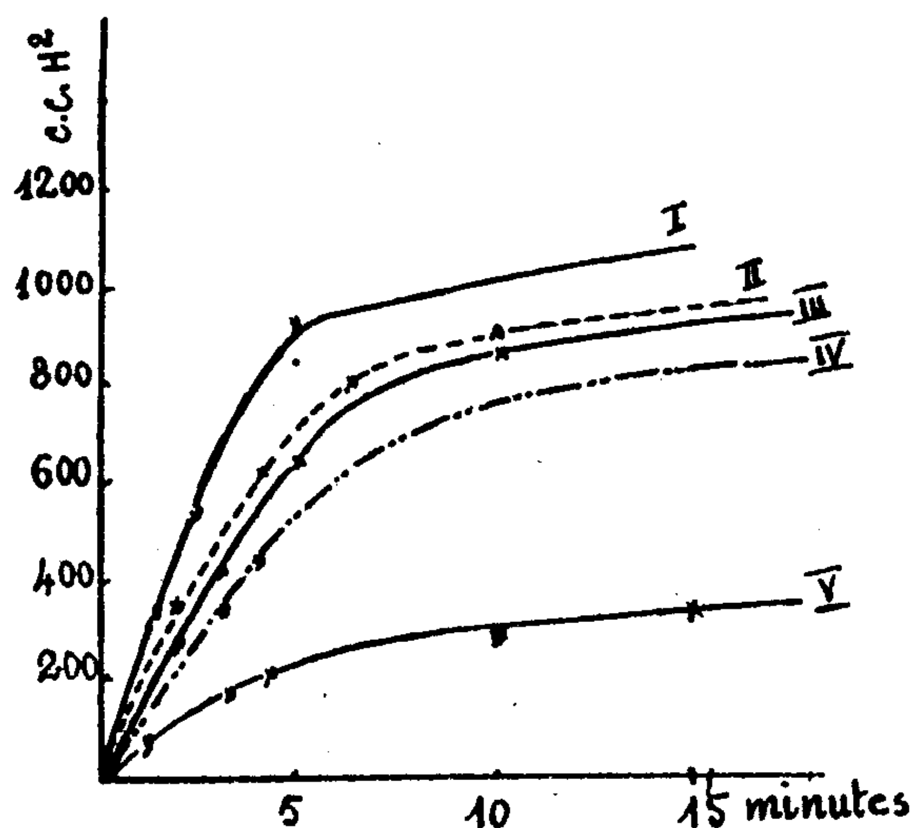
		Rdt.	É ou F corrigé.	$n^{D}_{20°}$.	$d_{4}^{20°}$.	Réfraction moléculaire théorique.	Réfraction moléculaire trouvé.
Ar phényle Ar′ *o*-crésyle	$C_{16}H_{18}O_3$	73%	228°,5/$_{15mm,5}$	1,5645	1,128	73,70	74,47
Ar phényle Ar′ *m*-crésyle	»	76	230/$_{14,5}$	1,5650	1,128	»	74,49
Ar phényle Ar′ *p*-crésyle	»	98	F 73–75				
Ar phényle Ar′ gaïacyle	$C_{16}H_{18}O_4$	72	241,5/$_{15}$	1,5728/$_{19°}$			
Ar *p*-crésyle Ar′ *o*-crésyle	$C_{17}H_{20}O_3$	76	241/$_{17,5}$	1,5590	1,108	78,31	79,25(¹)
Ar *p*-crésyle Ar′ *m*-crésyle	»	96	F 64,5–65,5				
Ar *o*-crésyle Ar′ *m*-crésyle	»	79	232,5/$_{14}$	1,5600	1,108	»	79,39(¹)
Ar phényle Ar′ *p*-éthylphényle	»	93	F 48–48,5				
Ar phényle Ar′ diméthyl 2.4 phényle	»	64	F 45–45,5				
Ar phényle Ar′ mésityle	$C_{18}H_{22}O_3$	66	242,5–243,5/$_{17}$	1,5536	1,094	82,93	83,74
Ar phényle Ar′ thymyle	$C_{19}H_{24}O_3$	72	234–236/$_{12,5}$	1,5501	1,0755	87,55	88,87
Ar phényle Ar′ *o*-cyclohexylphényle	$C_{21}H_{26}O_3$	69	270–272/$_{16}$	1,5634/$_{19°}$	1.107/$_{19°}$	94,59	95,67
Ar phényle Ar′ *p*-cyclohexylphényle	»	93	F 96–97				
Ar *p*-crésyle Ar′ *p*-cyclohexylphényle	$C_{22}H_{28}O_3$	89	F 89–89,5				
Ar *o*-cyclohexylphényle Ar′ *p*-cyclohexylphényle	$C_{27}H_{36}O_3$	47	F 120–121				
Ar phényle Ar′ *p*-bromophényle	$C_{15}H_{15}O_3Br$	92	F 75–76				
Ar *p*-crésyle Ar′ *p*-bromophényle	$C_{16}H_{17}O_3Br$	74	F 97–98				
Ar *m*-crésyle Ar′ *p*-bromophényle	»	67	266,5/$_{17}$	1,5860	1,370	81,46	82,53
Ar phényle Ar′ *p*-nitrophényle	$C_{15}H_{15}O_5N$	38	F 91,5–92				
Ar phényle Ar′ *o*-nitrophényle	»	40	278–279/$_{17,5}$	1,5860/$_{21°}$	1,266/$_{21°}$	75,28	76,58

(¹) Constantes des deux diéthers crésyliques symétriques liquides. Éther diorthocrésylique n_{D}^{20} 1,5605, d_{4}^{20} 1,111 ; R. M. trouvée 79,22. Éther dimétacrésylique $n_{D}^{18,5}$ 1,5612 ; $d_{4}^{18,5}$ 1,110 ; R. M. trouvée 79,32.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les vitesses d'hydrogénation de quelques cétones α.β-éthyléniques en présence de nickel de Raney.* Note [1] de MM. **René Heilmann** et **Ladislas Beregi**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ayant eu à hydrogéner catalytiquement en présence de nickel de Raney des cétones α.β-éthyléniques pour les transformer en cétones saturées correspondantes, nous avons constaté un écart parfois sensible entre les vitesses d'hydrogénation, en passant d'une cétone linéaire à une cétone ramifiée. Nous nous sommes alors proposé de mettre en évidence les rapports existant entre la saturation plus ou moins rapide de la double liaison et la structure de la molécule.

A cet effet, nous avons étudié comparativement l'hydrogénation de cétones dérivant de la penténone-3.2, soit par homologie immédiate (hexénone-3.2), soit par introduction de radicaux alcoyles situés, par rapport au groupement



I, oxyde de mésityle; II, penténone-3.2; III, méthyl-3 penténone-3.2; IV, éthyl-3 penténone-3.2; V, diméthyl-3.4 penténone-3.2.

carbonyle, en position α (méthyl-3 ou éthyl-3 penténone-3.2); β (oxyde de mésityle), α et β (diméthyl-3.4 penténone-3.2).

Pour l'évaluation des alcools formés au cours des essais d'hydrogénation et le dosage des groupements fonctionnels, nous avons eu recours à la méthode de l'acétylation pyridinée, tout en n'attribuant aux chiffres obtenus que des valeurs relatives de comparaison. En fait, la quantité d'hydrogène utilisée pour la réduction partielle et simultanée de la fonction carbonyle reste dans chaque cas très faible et pratiquement du même ordre de grandeur. La comparaison

---

[1] Séance du 18 novembre 1946.

des vitesses d'hydrogénation des cétones α-β éthyléniques étudiées se trouve donc justifiée.

Dans une Note antérieure ([2]) nous avons démontré la supériorité du nickel Raney platiné suivant la technique de Delépine et Horeau ([3]) sur les catalyseurs proposés par Lieber et Smith ([4]) pour la réduction des composés à groupement carbonyle. Il ne semblait pas évident *a priori* que ces conclusions puissent être étendues aux cétones éthyléniques. Notre étude a confirmé l'existence d'une nette différence d'activité dans le cas des composés assez difficilement hydrogénables où le catalyseur doit déployer au maximum son activité. Il n'en est pas de même pour les cétones éthyléniques facilement hydrogénables dont le pouvoir récepteur est déjà très élevé.

Les vitesses d'hydrogénation dépendant d'un grand nombre de facteurs, nous avons effectué nos expériences dans des conditions aussi identiques que possible : le catalyseur fut préparé et platiné en quantité suffisante pour l'ensemble des essais effectués en maintenant fixes les conditions d'agitation. Dans chaque cas, nous avons procédé simultanément à deux hydrogénations comparées, arrêtées lorsque 90 % de la quantité théorique d'hydrogénation furent fixés, et utilisé, à cet effet : 1/20 mol de récepteur, 70^{cm^3} de solvant (éthanol), 3^g de catalyseur + $0^g,1$ Pt + $0^{cm^3},2$ NaOH 10 N.

	Hydrogène absorbé (cm³).			
	1 min.	2 min.	5 min.	10 min.
Penténone-3.2	210	360	720	910
Hexénone-3.2............	155	305	715	900

De nos essais, il résulte que les substituants semblent exercer sur la vitesse d'hydrogénation des produits étudiés une influence qui ne dépend pas seulement de leur nature, mais encore de leurs positions relatives par rapport aux groupements fonctionnels.

C'est ainsi que la vitesse d'hydrogénation de l'hexénone-3.2 est sensiblement la même, sauf toutefois durant les premières minutes, que celle de son homologue inférieur : la penténone-3.2.

Par contre, une α-alcoyl penténone-3.2 présente une vitesse d'hydrogénation plus faible que celle de la penténone de base. Cet abaissement est d'autant plus net que le radical substituant est plus lourd [méthyl-3 (ou éthyl-3) penténone-3.2].

Inversement, la double liaison de l'oxyde de mésityle (β-méthyl penténone-3.2) se sature avec une vitesse plus grande.

On ne saurait tirer une règle générale des résultats précités qui devront être

([2]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 737.
([3]) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1301; *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **4**, 1937, p. 31.
([4]) *J. Amer. Chem. Soc.*, **58**, 1936, p. 2170.

intégrés dans une étude plus large englobant des corps analogues; on notera toutefois combien la réactivité fonctionnelle de la liaison éthylénique de la diméthyl-3.4 penténone-3.2 se trouve considérablement affaiblie par rapport aux autres cétones envisagées.

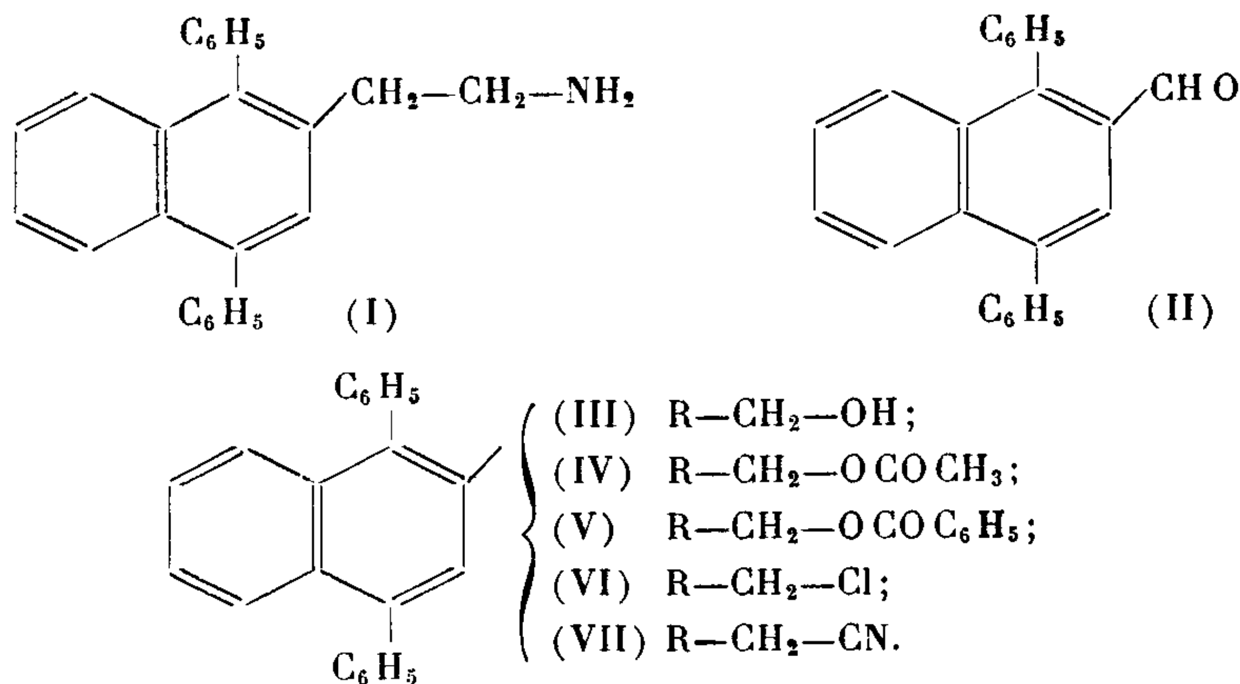
CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse directe du diphényl-1.4 (amino-2′ éthyl)-2 naphtalène*. Note de M. **Jean Robert**, présentée par M. Marcel Delépine.

La première méthode de synthèse du diphényl-1.4 (amino-2′ éthyl)-2 naphtalène (I) décrite antérieurement ([1]) nécessitait la préparation d'une longue série de corps intermédiaires.

Ayant eu besoin d'une quantité importante de cette amine pour obtenir le mésodiphénylazanthracène-β, j'ai trouvé un autre procédé de préparation plus rapide, utilisant des réactions simples se faisant toutes avec de bons rendements (70 à 80 %).

La matière première utilisée, comme dans la première méthode de synthèse, est un des corps les plus facilement accessibles jusqu'à présent pour obtenir les dérivés du diphényl-1.4 naphtalène : l'aldéhyde diphényl-1.4 naphtoïque-2 (II) préparé suivant le procédé de Weiss et Abelès ([2]).

Hydrogéné à froid dans l'alcool en présence de nickel Raney, cet aldéhyde fournit l'alcool naphtyliqne correspondant : le diphényl-1.4 hydroxyméthyl-2 naphtalène (III). Il faut signaler qu'il se fait en même temps dans cette réaction un peu de diphényl-1.4 naphtalène; celui-ci provient sans doute d'une décarboxylation de l'acide diphényl-1.4 naphtoïque-2, formé par dismutation de l'aldéhyde au cours de l'hydrogénation.



L'alcool naphtylique donne un phényluréthane bien cristallisé et des éthers-sels avec les chlorures d'acides. Ainsi, traité par le chlorure d'acétyle et le

([1]) A. Étienne et J. Robert, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 422.
([2]) *Monatsh. für Chemie*, **61**, 1932, p. 162.

chlorure de benzoyle en présence de pyridine il se transforme respectivement en les acétates et benzoates correspondants : le diphényl-1.4 acétoxyméthyl-2 naphtalène (IV) et le diphényl-1.4 benzoxyméthyl-2 naphtalène (V). L'éther-sel chloré, le diphényl-1.4 chlorométhyl-2 naphtalène (VI), n'a pu être obtenu directement à froid par estérification au moyen de l'acide chlorhydrique gazeux. On est arrivé au résultat en utilisant, en solution chloroformique, un agent de chloruration plus énergique, tel que le chlorure de thionyle. Ce dérivé chloré, très peu hydrolysable par les alcalis, se transforme par double décomposition avec le cyanure de potassium, en nitrile, le diphényl-1.4 cyanométhyl-2 naphtalène (VII). L'hydrogénation de celui-ci, par le nickel Raney en milieu légèrement alcalin, à froid, fournit l'amine primaire attendue, le diphényl-1.4 (amino-2′ éthyl)-2 naphtalène (VIII). La réaction est rapide en présence d'une grosse quantité de nickel. Dans ces conditions on obtient uniquement l'amine primaire, sans amine secondaire. On retrouve ainsi un fait déjà constaté pour l'hydrogénation en milieu alcalin, du cyanure de benzyle par Paty ([3]), Fluchaire et Chambret ([4]), et de certains nitriles d'acides gras par Reutenauer et Paquot ([5]).

Description des produits obtenus. — *Diphényl-1.4 hydroxyméthyl-2 naphtalène*, $C_{23}H_{18}O$ (III), prismes losangiques (formiate d'éthyle), F instantanée 104°-105° (produit solvaté), 123° (produit non solvaté).

Phényluréthane $C_{30}H_{23}O_2N$, prismes rectangulaires (toluène), F 192°.

Ester acétique $C_{25}H_{20}O_2$ (IV), aiguilles (alcool), F 95°-97°.

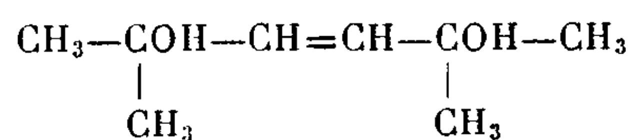
Ester benzoïque $C_{30}H_{22}O_2$ (V) aiguilles (acétate d'éthyle, alcool + benzène), F 146°.

Diphényl-1.4 chlorométhyl-2 naphtalène $C_{23}H_{17}Cl$ (VI), prismes allongés (acétate d'éthyle), F 123°.

Diphényl-1.4 cyanométhyl-2 naphtalène, $C_{24}H_{17}N$ (VII), prismes allongés (cyclohexane), F 141°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *De l'influence de l'isomérie* cis-trans *sur la déshydratation des butène-diols-1.4.* Note de M. **André Valette**, présentée par M. Marcel Delépine.

Bourguel ([1]), le premier, a étudié la déshydratation catalytique du diméthyl-2.5 hexène-3 diol-2.5 :



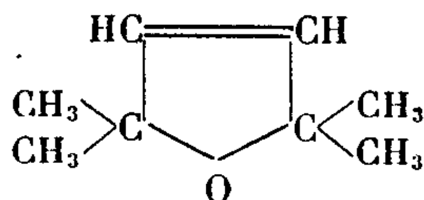
([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **9**, 1942, p. 745.

([4]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **11**, 1944, p. 26.

([5]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 580.

([1]) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **45**, 1939, p. 1067.

sous l'influence de l'acide sulfurique aqueux très dilué au-dessous de 100°. Ses conclusions sont les suivantes : l'isomère *cis* se déshydrate facilement en tétraméthyl-dihydro-furane :



alors que le *trans* est inaltéré.

Salkind [2], toutefois, mit en doute ces conclusions. D'autre part, Prévost [3], puis Shepard et Johnson [4], puis de nouveau Prévost [5], constatèrent que la déshydratation de γ-glycols éthyléniques non bitertiaires conduit exclusivement à la formation d'aldéhydes ou de cétones α et β éthyléniques, le phénomène primaire étant peut-être la formation exclusive de dérivés carbonylés β.

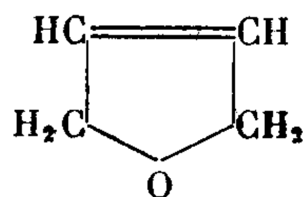
Enfin Lozac'h [6], déshydratant des diols éthyléniques obtenus par hydrogénation de diols acétyléniques, constate la formation de dihydrofuraniques, de cétones éthyléniques et de triènes conjugués. Les glycols bitertiaires ne donnant évidemment pas de dérivés carbonylés.

En laissant de côté la production de triènes et dans le cas des glycols non bitertiaires, on pouvait se demander quel est celui des deux facteurs : substitution des fonctions alcool, isomérie *cis-trans* de la double liaison, qui a une influence prépondérante sur l'orientation de la déshydratation.

Rappelons en effet que les glycols de Lozac'h sont présumés *cis*, alors que ceux de Prévost sont présumés *trans*.

Étant arrivé à reproduire à l'état très pur le butène diol-1.4 *trans* $CH_2OH-CH=CH-CH_2OH$, j'ai pensé que la question pourrait s'éclaicir en le soumettant, ainsi que le glycol présumé *cis*, à des réactions parallèles à celles qui sont rappelées ci-dessus pour le diméthyl-2.5 hexène-3 diol-2.5. D'autre part [7] l'hydrogénation du butyne diol-1.4 fournit un butène diol contenant certainement une proportion fortement prédominante de *cis*.

La déshydratation du glycol *trans* fournit exclusivement de l'aldéhyde crotonique, celle de glycol présumé *cis* donne environ 35 % de dihydrofurane



et 65 % d'aldéhyde crotonique.

---

[2] *Buchowetz, J. Chim. Gén. Russe*, **7**, 1937, p. 2417.
[3] *Ann. Chim.*, 10e série, 1928, p. 407.
[4] *J. Am. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 4385.
[5] *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 1944, p. 218.
[6] *Thèse*, Paris, 1945.
[7] Prévost et Valette, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 326.

J'en conclus que c'est l'isomérie *cis-trans* et non la classe des fonctions alcool qui joue un rôle fondamental dans la production des dihydrofuranniques, conformément au principe de *cis*-élimination et aux premières conclusions de Bourguel.

Il semble toutefois difficile de dire si l'aldéhyde crotonique se forme directement à partir du *cis* ou s'il résulte de l'isomérisation partielle du *cis* en *trans* sous l'influence des ions H.

L'étude du glycol présumé *cis* (7) avait montré que celui-ci contient des quantités de *trans* probablement très faibles, peut-être nulles, mais certainement très inférieures à 65 %.

On ne peut donc considérer que le glycol *cis* conduit exclusivement au dihydrofuranne et imputer au glycol *trans* présent l'origine de tout l'aldéhyde crotonique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quelques dérivés du méthyl-1 cyclohexène-2*. Note de MM. **Max Mousseron, François Winternitz** et **Georges Combes**, présentée par M. Marcel Delépine.

Alors que les dérivés du méthyl-1 cyclohexène-1 et du méthyl-1 cyclohexène-3 sont parfaitement connus, on ne connaît que peu de dérivés du méthyl-1 cyclohexène-2. Nous nous sommes adressé à la méthode de Guillemonat (1) et de Berlande (2): action du bromure de méthylmagnésium sur le chloro-1 cyclohexène-2; ce dernier obtenu par fixation de l'acide chlorhydrique sur le cyclohexadiène-1.3 (3).

Méthyl-1 époxy-2.3 cyclohexane. — Entrevu par Kötz (4), il a été préparé par action de l'acide perbenzoïque sur le carbure. $É_{15}$ 142°; d_{25}^{25} 0,938; n_D^{25} 1,4467.

Méthyl-1 amino-2 cyclohexanol-3 et méthyl-1 amino-2 cyclopentanol-3. — L'époxyde, chauffé avec l'ammoniaque à 120°, conduit à une petite quantité d'amino-alcool $É_{15}$ 130°; F 74°-75°. Nous avons préparé parallèlement l'amino-alcool correspondant au méthyl-1 cyclopentène-2 (5) et déterminé sa structure en passant à l'amine chlorée par action du pentachlorure de phosphore, suivie d'une hydrolyse, ce qui conduit à une cétone (6), semicarbazone F 173-174° (CH_3OH), qui correspond à la méthyl-2 cyclopentanone; par suite, la fonction amine doit se trouver sur le carbone voisin du méthyle et l'amino-alcool de

(1) *Ann. Phys. chim.*, 11e série, **11**, 1939, p. 190.

(2) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **9**, 1942, p. 645.

(3) Courtot et Pierron, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **45**, 1929, p. 288.

(4) *J. für. prakt. Chem.*, **110**, 1925, p. 101.

(5) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **13**, 1946, p. 26.

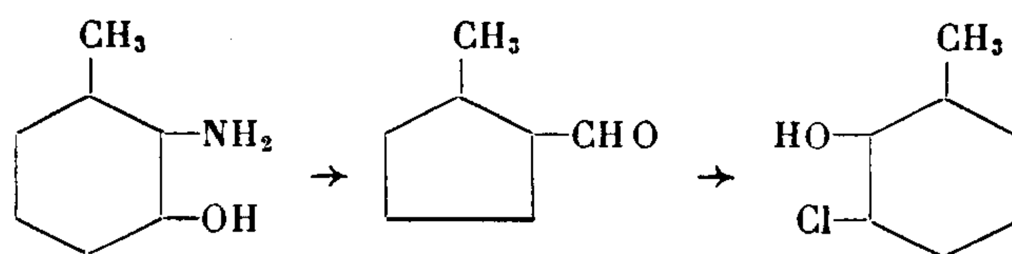
(6) M. Mousseron et F. Winternitz, *Comptes rendus*, **221**, 1935, p. 701.

départ est le méthyl-1 amino-2 cyclopentanol-3. Par analogie nous attribuerons à l'amino-alcool en C_6 la constitution du méthyl-1 amino-2 cyclohexanol-3. Dans les deux cas il se forme une quantité importante d'amine secondaire, *bis*-(méthyl-2 cyclopentyl)-amine se sublimant à partir de 250°, ou *bis*-(méthyl-2 cyclohexyl-amine F 210° (déc.). Par désamination nitreuse (7) du méthyl-1 amino-2 cyclohexanol-3 on obtient le méthyl-1 méthylal-2 cyclopentane, encore inconnu, semicarbazone F 122° (CH_3OH).

Méthyl-1 chloro-3 cyclohexanol-2 et méthyl-1 chloro-2 cyclohexanol-3. — L'action de l'acide chlorhydrique gazeux sur une solution éthérée d'époxyde conduit à une chlorhydrine $É_{25}$ 103-104°; d_{25}^{25} 1,102; n_D^{25} 1,4819; η_{29} 0,1657. La méthode de dosage de Bartlett (8) permet d'assigner à cette chlorhydrine une structure *trans*. La fixation de l'acide hypochloreux sur le carbure donne la même chlorhydrine également *trans*. L'emplacement du chlore a été déterminé par oxydation chromique de la chlorhydrine donnant une chloro-cétone ($É_{20}$ 98°; d_{25}^{25} 1,103; n_D^{25} 1,4777), qui, chauffée avec la quinoléine, conduit après perte d'acide chlorhydrique à une cyclénone. Par cristallisation fractionnée de la semicarbazone dans le méthanol, on isole une fraction prépondérante plus soluble F 178° correspondant à la méthyl-1 cyclohexène-3 one-2 (9), à côté d'une petite quantité de produit F 198° (méthyl-1 cyclohexène-1 one-3) (10).

La chlorhydrine obtenue renfermait donc un mélange de deux isomères de position dont le prépondérant est le méthyl-1 chloro-3 cyclohexanol-2, résultat à rapprocher de celui de Kötz et Hoffmann (11) pour le méthyl-1 chloro-4 cyclohexanol-3.

Par action du bromure d'éthylmagnésium sur la chlorhydrine et par fusion (12) on obtient par régression de cycle le méthyl-1 méthylal-2 cyclopentane (semicarbazone F 122°).



Méthyl-1 cyclohexanediol-2.3 trans. — Par chauffage en tube scellé de l'époxyde avec une solution d'acide chlorhydrique *n*/30, F 90-91°. Diphényluréthane, F 190-191° (éthanol).

(7) Godchot et Moussebron, *Comptes rendus*, **195**, 1934, p. 2000.
(8) *J. amer. Chem. Soc.*, **57**, 1933, p. 225.
(9) Kötz et Steinhorst, *Annalen*, **379**, 1911, p. 17.
(10) Knoevenagel, *Ber. d. chem. Ges.*, **37**, 1904, p. 1469.
(11) *J. für prakt. Chem.*, **110**, 1926, p. 111.
(12) Tiffeneau, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **3**, 1936, p. 1970.

Méthyl-1 cyclohexanediol-2.3 cis. — Par action sur le carbure cyclénique d'une solution étendue de permanganate de potassium à — 10°, F 81-82° fournissant une combinaison acétonique.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des regs quaternaires du Sud Marocain et de l'apparition de l'Abbevillien au Maroc.* Note (¹) de M. **Georges Choubert**, présentée par M. Charles Jacob.

Les plaines quaternaires du Sud Marocain, en particulier du bassin du Dra, sont caractérisées par des formes de relief dues uniquement à l'érosion désertique ou *tangentielle*, à l'exclusion de toute influence de l'érosion normale (²). Il semble donc que régnait alors un climat très sec.

Ces formes de relief particulières, qui consistent en une succession de surfaces caillouteuses, ou *regs*, étagées et emboîtées, résultent d'enlèvement par l'érosion de tranches de terrain successives, sensiblement horizontales et d'épaisseur à peu près constante.

Chaque reg est constitué par une formation continentale caillouteuse qui recouvre la surface d'érosion correspondante. D'origine principalement éluviale et plus rarement alluviale, les regs passent en amont, par exemple vers le pied de l'Anti-Atlas ou du Bani, aux talus d'éboulis plus ou moins inclinés. A chaque reg correspond donc une ancienne surface topographique couverte d'éboulis et se raccordant aux reliefs environnants.

Deux regs soulevés et emboîtés sont particulièrement apparents et très largement développés. Je les désignerai sous les noms de *reg ancien* et de *reg moyen*. Parfois on rencontre, accrochés aux flancs du Bani, des restes d'un reg plus ancien et plus élevé que les deux précédents.

Ces trois regs s'élèvent au-dessus des plaines limoneuses (limons d'inondation) qui s'étalent le long des oueds principaux et qui peuvent comporter localement des regs alluviaux ou passer en s'approchant des reliefs aux regs d'éboulis (*regs récents*).

Les plaines alluviales sont à leur tour surcreusées. Des basses terrasses s'y emboîtent le long de ces entailles des oueds principaux. Parfois l'érosion tangentielle récente arrive à raboter les limons des plaines et leur substitue un reg sub-moderne, formé généralement de débris et esquilles de schistes sous-jacents.

Les regs moyens recouvrent localement des calcaires lacustres appelés *calcaires des Feijas* par J. Bourcart (³) (Tata, Agadir Tissint etc.). Comme les plaines limoneuses, ils peuvent être revêtus en surface, au voisinage des sources

(¹) Séance du 28 octobre 1946.

(²) G. Choubert, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5ᵉ série, **15**, 1945 (sous presse).

(³) J. Bourcart, *C. R. Somm. Soc. géol. Fr.*, 16, 1931, p. 256.

actuelles ou anciennes, par des encroûtements travertineux ou passer latéralement aux travertins (Icht, Tata, Serrina, Ida ou Latane, Agadir Tissint).

Les altitudes relatives de toutes ces surfaces sont fort variables d'une région à l'autre, et même dans une même région. On a d'ailleurs souvent des difficultés à les différencier. En effet, en amont ils peuvent passer insensiblement les uns aux autres, et se recouvrir mutuellement. C'est également le cas pour les limons qui, si le surcreusement est faible ou nul, s'étalent sur les regs plus anciens.

Les basses terrasses s'élèvent de 1 ou 2^m au-dessus des lits actuels. Les plaines alluviales limoneuses les dépassent de 4, 6 et 8^m. Leur altitude relative maxima est de 12 à 15^m. L'altitude relative maxima des regs moyens ne dépasse jamais 25 à 30^m. Enfin les regs anciens peuvent atteindre 55 et 60^m au-dessus des oueds actuels. Les buttes témoin du reg le plus ancien sont trop rares pour définir leur altitude relative maxima. Elles s'élèvent de 20 à 30^m au-dessus des regs anciens.

Ces altitudes relatives maxima sont si voisines de celles des terrasses des oueds normaux du reste du Maroc que la corrélation vient à l'esprit.

De plus, vers la côte, le reg moyen passe aux plaines encroûtées. Or l'âge acheuléen de la croûte est depuis longtemps établi (4). Dans une Note précédente nous avons montré que *l'époque de la croûte* a englobé le Tyrrhénien ($=+25$ à 30^m) (4). La zone de passage des regs aux plaines encroûtées passe par Ifrane, NW de Taghjicht, et la région de Coulimine. De même, les plaines limoneuses passent vers la côte aux étendues des limons micoquiens (= Grimaldien $=+12$ à 13^m) (4).

On peut donc conclure à l'âge grimaldien (ancien Monastirien) des plaines limoneuses et des regs récents; tyrrhénien des regs moyens et des calcaires des feijas; milazzien des regs anciens. Les buttes témoins des regs les plus élevés pourraient représenter le Sicilien.

En remontant la vallée du Dra on suit les mêmes regs, couronnés en bordure de cet oued par ses alluvions anciennes à la manière des terrasses, jusqu'à la région d'Ouarzazate et d'Imini. Or M. Antoine (5), puis A. Ruhlmann (6) signalent des stations abbevilliennes et acheuléennes dans les environs de cette localité. Les premières, situées sur la rive droite de l'Oued Imini-Ouarzazate (en face d'Ouarzazate), se trouvent dans les entablements du reg ancien, milazzien, les deuxièmes se trouvant, comme on devait s'y attendre, dans le reg moyen, tyrrhénien (plateau du gîte d'étape d'Ouarzazate). Ainsi, d'une part, se confirme la correspondance des regs avec les terrasses, établies morphologiquement à l'Ouest, et, d'autre part, on peut affirmer *l'apparition de l'industrie abbevillienne au Maroc dès le Milazzien.*

(4) G. Choubert et G. Bryssine, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 863.
(5) *Bull. Soc. Préhistoire Maroc*, 1933, p. 65.
(6) *Publ. Serv. Antiquités Maroc*, 7, 1945, pp. 15-25.

VOLCANOLOGIE. — *Sur l'éruption intra-cratérienne du* 18 *juin-juillet* 1946 *du Piton de la Fournaise* (*La Réunion*). Note de M. **Maurice Jean**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Le Piton de la Fournaise est le siège de fréquentes manifestations éruptives intra-cratériennes, se produisant dans l'un ou l'autre de ses deux cratères du sommet : le Bory et le Dolomieu.

Nous rappelons brièvement qu'il y eut des coulées dans le Bory en août 1937 (1) et en octobre 1942 ; dans les deux cas, il s'agissait de fissures radiales ayant leurs racines dans le Bory ; en ces derniers points, de courtes émissions se produisirent, mais elles furent toutefois suffisantes pour exhausser sensiblement le fond du cratère. De même, le Dolomieu reçut fréquemment des coulées émises par de véritables petits cônes stromboliens, placés sur cette partie surélevée de son fond que l'on nomme enclos Vélain ; ou encore par la portion de la grande fissure tangente aux bords sud des deux cratères du sommet, devenue intra-cratérienne dans le Dolomieu, du fait de l'agrandissement constant de ce dernier.

Mais ces dernières coulées ne modifièrent pas l'allure générale du cratère. Il se présentait encore avant la dernière éruption sous la forme d'un énorme trou ayant près de 150 mètres de profondeur, avec un fond étroit et un sommet largement évasé. Les fumerolles très chaudes qu'il émettait presque constamment, indiquaient la présence d'un magma ayant une température suffisante pour réaliser la digestion des laves qui se déversaient à son intérieur ; étaient également résorbés de la même manière tous les matériaux provenant des éboulis de la paroi. Le fond du Dolomieu garda ainsi une profondeur à peu près constante, tout au moins, au cours de ces dix dernières années.

L'éruption du 18 juin 1946 a complètement transformé ce cratère. A cette date, des lueurs furent signalées au sommet du Piton de la Fournaise ; fait étrange, elles ne se déplaçaient pas, indiquant ainsi l'existence d'un foyer éruptif, sans coulée apparente. Une équipe de guides se rendit alors au volcan et constata l'existence d'un puy de scories au milieu du Dolomieu. Il était le siège de grondements presque continus avec des projections s'élevant à une trentaine de mètres de hauteur ; en divers points du champ de laves nouvellement formé autour de ce cônelet, d'intenses jets de vapeurs se produisaient. Le tout créait dans le Dolomieu une atmosphère un peu trouble, dans laquelle ils s'efforcèrent en vain de découvrir le point de sortie des laves, qui avaient déjà réalisé le remblayage de ce cratère sur plusieurs dizaines de mètres de hauteur ; en réalité, le magma jaillissait d'un peu partout du fond du Dolomieu, en donnant de multiples courants s'en allant dans toutes les directions.

Tous ces phénomènes sont demeurés intra-cratériens, et ils ont eu pour

(1) Alfred Lacroix, *Le volcan actif de l'île de la Réunion* (supplément), pp. 12-13.

conséquence de transformer l'ancien cratère en une véritable caldeira, au milieu de laquelle existe un petit cône éruptif strombolien.

Le fond de cette caldeira affecte la forme d'un plateau situé à environ 80^m de profondeur; il est constitué par des laves à surface continue, découpées par endroits par des fissures de retrait très nombreuses, très serrées, ayant donné des blocs dressés verticalement, ou inclinés de manière à se rapprocher presque de l'horizontale; à l'Ouest et à l'Est de larges plages de laves gratonnées recouvrent les premières. L'ensemble a un aspect tourmenté qu'on ne retrouve pas dans les coulées normales; de toute évidence, dans ce vase clos où elles ont été émises, les premières laves rejetées ont été profondément modifiées par la mise en place des laves plus récentes. Cette irruption ne s'est pas réalisée en effet sur une fissure, mais elle est caractérisée par un retour à l'activité du Dolomieu proprement dit, par l'intermédiaire de sa cheminée principale. Si une bouche explosive put se constituer et demeurer intacte, il n'en a pas été de même pour le magma qui fut constamment gêné dans son ascension; c'est ainsi que les difficultés qu'éprouvèrent les laves à se frayer une voie d'accès à l'extérieur se traduisirent par la formation sur deux lignes concentriques au cône central, de dix hornitos de 1 à 2^m de hauteur, presque tous pourvus d'une petite bouche d'explosion avec des scories sur leur base; à l'heure actuelle ils sont devenus des soufrières; et le plateau, lui-même, présente sur sa périphérie, à son contact avec la paroi du Dolomieu, une ligne de rupture provoquée par le tassement de cette masse après son refroidissement; cette ligne a plus de 1^m de largeur en certains points.

Enfin, le puy strombolien qui se trouve au centre de ce plateau est formé de scories recouvrant un socle de lave; il a environ 50^m de largeur et 20^m de hauteur; sa zone sud-ouest est déprimée et dégage des fumerolles, tandis que sa bouche d'explosion surélevée par rapport à la précédente se trouve au Nord-Est.

L'éruption du 18 juin 1946 a donc réalisé de profonds changements dans le Dolomieu; ils sont d'ailleurs très fréquents; c'est ainsi que sa profondeur a considérablement varié depuis un siècle et demi. En 1801, Bory lui en donne quelques mètres; en 1851 Maillard trouve 300^m; en 1874, 150^m avec Velain; en 1911, il est complètement remblayé avec Lacroix; en 1930, il se creuse de nouveau et Aubert de La Rüe lui trouve 50^m de profondeur. Depuis cette date, il n'a fait que s'approfondir pour atteindre 150^m en 1945.

Mais les remplissages du cratère que l'on a constatés jusqu'ici n'ont pas été accompagnés de phénomènes éruptifs aussi nettement caractérisés que ceux qui l'ont dernièrement transformé en une véritable caldeira. Il s'agit bien là d'une manifestation strombolienne avec constitution du cône classique lié à ce type d'éruption, mais avec cette curieuse particularité de l'absence complète d'une bouche d'émission pour les laves. Ce dernier fait est important à noter, car il jette un jour nouveau sur cet étrange cône de scories de l'Enclos Fouqué : le

Formica-Leo. L'absence de fissure et de point de sortie des laves avait amené M. A. Lacroix [2] à le considérer comme un simple hornitos riche en gaz qui aurait projeté des scories; de ce que nous venons d'observer dans le Dolomieu, il semble bien qu'il y ait possibilité de le concevoir comme un véritable cône éruptif ayant donné du magma qui serait sorti par injections à travers des laves préexistantes et non par une bouche d'émission caractérisée.

Tels sont les faits principaux et les conclusions que l'on peut retirer de l'éruption du 18 juin 1946.

MÉTÉOROLOGIE. — *Les noyaux de condensation de l'atmosphère.* Note de M. **Henri Dessens**, présentée par M. Charles Maurain.

I. *Le chlorure de sodium dans l'atmosphère.* — Dans une Note à paraître aux *Annales de Géophysique*, j'indique qu'en pleine campagne, à 200^{km} à l'intérieur des terres et par très beau temps, l'air transporte des gouttelettes de solution de chlorure de sodium. La solution est sursaturée lorsque le degré hygrométrique h est inférieur à 0,78. Une goutte sursaturée est stable, h étant constant, pendant une durée qui oscille autour d'une valeur moyenne. Par exemple, une certaine goutte de rayon 10μ persiste 5 minutes avec $h = 0,52$, 40 minutes avec $h = 0,54$, et indéfiniment avec $h = 0,57$.

La rupture de la sursaturation ressemble à une minuscule explosion : dès que les cristaux se forment, la solution devient juste saturée; sa tension de vapeur est alors supérieure à la tension de vapeur de l'eau dans l'air, et la vaporisation paraît instantanée. Dans le cas fréquent où plusieurs cristaux se sont formés, leur séparation complète sera facilitée par cette brusque vaporisation.

Les plus beaux cristaux retenus par les fils sont constitués par du chlorure de sodium pur et non par du sel marin; de brusques passages de la goutte sursaturée aux cristaux permettent d'expliquer la séparation naturelle des divers sels non isomorphes dissous dans la mer.

II. *Les noyaux de condensation.* — Des fils très fins, dont le rayon doit être de l'ordre de 0,01μ, captent encore des particules de 1 à 10μ de rayon; mais la présence de l'une de ces gouttes semble maintenant exceptionnelle dans la file des très petites gouttelettes captées en nombre considérable. Les rayons de ces gouttelettes, mesurés avec $h = 0,60$, se groupent toujours autour de 0,50, 0,40 et 0,30μ. La proportion relative de chacune des trois variétés change d'un jour à l'autre. Le nombre total, variable également, est de l'ordre de 100 par centimètre cube. Les fils portent aussi quelques particules plus petites, dont le rayon n'est pas mesurable.

Une seule différence de propriétés entre les gouttes d'eau salée et ces

(2) *Le volcan actif de l'Ile de la Réunion*, p. 106.

gouttelettes a été observée : les dernières restent stables avec des humidités relatives plus faibles, de l'ordre de 0,40. Si la rupture de la sursaturation est due à un accident superficiel, la persistance de la sursaturation peut être 100 fois plus longue pour une goutte de 0,5 μ que pour une goutte de 5 μ de rayon; avec $h = 0,54$, la stabilité d'une gouttelette de 0,5 μ de rayon peut s'étendre à une journée entière, les heures humides de la nuit ne pouvant que rajeunir la gouttelette.

III. *Applications des résultats précédents.* — 1° Les critiques formulées par Simpson ([1]) contre l'hypothèse de l'origine marine des noyaux ne sont plus valables. Une goutte d'embrun de 12 μ de rayon donne une goutte saturée de 5 μ; elle peut produire, après 10 subdivisions réalisables en 10 jours, 1000 noyaux de 0,5 μ, 2000 noyaux de 0,4 μ ou 3000 noyaux de 0,3 μ de rayon. A mesure que le rayon diminue, la sursaturation cesse de plus en plus rarement : d'où la stabilité presque totale des noyaux-gouttelettes.

2° Les relations entre rayons de gouttelettes présentant un maximum de fréquence, dans les nuages, ne peuvent pas servir d'appui à l'hypothèse d'une coalescence par réunion de gouttes; ces relations, étudiées par Kœhler, peuvent aussi bien provenir du mécanisme de subdivision.

3° Il faut renoncer à la théorie d'Owens, admise par Wright ([2]), selon laquelle les noyaux-gouttelettes deviennent des cristaux pour des humidités relatives inférieures à 0,70. Les résultats de Wright, avec cette retouche, sont en excellent accord avec mes observations ; il est remarquable qu'en interprétant de nombreuses mesures de visibilité, Wright soit conduit à l'hypothèse de noyaux constitués par 11.10^{-14} g de chlorure de sodium, ce qui leur donne un rayon de 0,43 μ pour $h = 0,78$.

4° La multiplication des noyaux s'opérera surtout sur les continents où l'air est plus sec et les variations diurnes de h plus accentuées. En fait, c'est bien sur mer que le nombre de noyaux mesuré est minimum.

5° L'absorption de la lumière par les impuretés de l'atmosphère présente souvent un maximum entre 3000 et 5000 Å. Or, d'après la théorie de Stratton et Houghton, des gouttelettes de 0,30 à 0,50 μ de rayon produisent un maximum d'absorption entre 3060 et 5100 Å.

6° F. Linke, photographiant les noyaux présents dans l'air de son laboratoire de Francfort, a obtenu, pour ceux qui ont une structure cristalline, des contours hexagonaux. Le microscope ordinaire donne le même résultat avec de petits cristaux de chlorure de sodium ; le contour de la projection d'un cube est en général un hexagone, et quand la photographie ne donne pas d'autre renseignement qu'un contour hexagonal, l'objet est probablement un cube.

([1]) *Quart. J. r. met. Soc.*, 67, avr. 1941, pp. 163-169.

([2]) *Ibid.*, 66, janv. 1940, pp. 65-77.

J'espère être bientôt en mesure de vérifier, avec un microscope électronique, que les très petites gouttelettes retenues par les fils fins ont comme noyau un cristal cubique.

MÉTÉOROLOGIE OPTIQUE. — *Méthodes optiques de sondage de l'atmosphère à partir du sol. Applications météorologiques.* Note de MM. **G. Bruch** et **J. Clastre**, présentée par M. Bernard Lyot.

Lorsqu'on observe, avec une lunette, un astre de diamètre apparent sensible, le Soleil par projection sur un écran par exemple, on constate que le bord de cet astre n'est pas net et continu, mais découpé par une série de petites ondulations que nous appelons *concamérations*, qui se déplacent en général d'un mouvement d'ensemble dans une même direction en se déformant constamment. On constate également que cette direction varie d'un jour à l'autre. De plus, il arrive qu'on puisse observer plusieurs systèmes de concamérations se déplaçant dans des directions totalement différentes.

Cela nous a conduits à penser qu'il pourrait y avoir une relation entre ces directions et les directions des vents.

D'autre part, pendant que les auteurs effectuaient au Pic du Midi, en juillet 1945, des travaux sur la turbulence atmosphérique, M. Camichel leur a fait part d'une méthode qu'il avait utilisée en cette station, lors de ses observations planétaires, pour chiffrer l'état de l'image donnée par la lunette : il tirait l'oculaire de façon à mettre au point sur la couche perturbante, puis, de la mesure de ce tirage, il calculait la distance et l'altitude de la couche.

Adaptant cette remarque à nos observations, il nous fut facile de déterminer, à partir du sol, les éléments des vents en altitude.

En effet, de la mesure des tirages de l'oculaire, de la direction et du sens des concamérations observées, des coordonnées (site et azimut) de l'astre visé, on peut calculer, par une réduction convenable, les altitudes des couches perturbantes et la direction des vents dans ces couches.

Des sondages optiques ont été exécutés systématiquement, d'une part à l'Observatoire de l'Université de Bordeaux-Floirac, d'autre part à l'Observatoire privé de Bordeaux. Les résultats ont été ensuite comparés aux radiosondages effectués quotidiennement par l'O. N. M. dans le Sud-Ouest (base aérienne de Bordeaux-Mérignac). Un bon accord a été obtenu entre les résultats comparés des deux systèmes d'observation.

De plus, des phénomènes nouveaux, relatifs à la structure et à la dynamique de l'atmosphère, ont été constatés. Leur étude précise est actuellement en cours.

Recherchant les références bibliographiques concernant cette question, nous avons découvert un important mémoire de Ventosa ([1]), dans lequel ce

---

([1]) *La direction du vent et la scintillation.* (*Ciel et Terre*, 20, 1899-1900).

dernier explicite et discute, dès 1880, une méthode de sondage optique de l'atmosphère en tout point analogue à celle que nous avons mise au point. Cette méthode, qui n'avait pu être vérifiée par des procédés directs d'investigation en altitude, avait été fortement discutée à l'époque. Depuis, elle était tombée dans l'oubli et, à notre connaissance, elle n'a jamais été appliquée à l'étude des vents en altitude.

Nous poursuivons actuellement, en étroite collaboration avec l'O. N. M., l'application de ces procédés à la mesure des vents. Nous allons installer prochainement une sonde optique à la base aérienne de Bordeaux-Mérignac, ce qui permettra, par comparaison avec les radio-sondages, d'effectuer une étude détaillée et continuelle de la structure de l'atmosphère.

BOTANIQUE. — *Plantes nycto-héméropériodiques.*

Note de M. **Roland Portères** présentée par M. Auguste Chevalier.

Eleusine coracana Gaert., *Brachiara deflexa* C. E. Hubb., *Digitaria exilis* Stapf et *D. Iburua* Stapf, céréales mineures de l'Ouest Africain, sont semées en échelonnement de 10 en 10 jours, du 20 avril au 20 juillet 1946, à Nogent-sur-Marne (pleine terre). Le 13 juillet sont appliquées les photopériodes de 8, 10, 12, 14 et 16 heures, aucune différenciation florale n'étant micro-décelable à ce moment.

El. coracana. En tableau, ci-dessous, le nombre de jours écoulés entre le début de l'induction photopériodique et le début de l'épiaison :

	Photopériode				
Semis du	8h.	10h.	12h.	14h.	16h.
30 avril	44	36	34	48	52
10 mai	45	39	38	49	53
20 mai	45	40	38	50	55
31 mai	49	42	40	51	63
11 juin	49	43	41	52	69
21 juin	53	44	42	62	74
2 juillet	75	57	57	74	78
10 juillet	–	70	63	77	–
20 juillet	–	–	71	–	–

Par interpolation graphique, l'optimum photopériodique est défini exactement à 11 heures 30. En deçà et au delà, la mise en épiaison est retardée. Pour la photopériode optimale, il y a 8 jours d'écart entre les débuts d'épiaison (influence de l'âge) pour des semis allant du 30 avril au 21 juin.

Leur thermophase était achevée et ils n'attendaient que la photopériode convenable pour entrer en différenciation florale. La durée de la thermophase a varié, suivant semis, de 74 à 21 jours. Le minimum de 21 jours (semis du 21 juin) représente le temps minimum nécessaire à l'accomplissement de la thermophase (température moyenne 19°1).

Les semis de juillet, effectués avant ou après mise sous photopériode, décalent longuement leur date d'épiaison selon l'échelonnement des dates de semis. La durée totale de leur phase première : 68, 63 et 71 jours, est de l'ordre de celle du semis du 21 juin : 64 jours, compte tenu de l'influence des températures non analysées ici.

Brachiaria deflexa. Un tableau de même allure donne un optimum photopériodique de 11 heures 30, et l'exposé du fait principal est de même nature que ci-dessus.

Digitaria exilis et *D. Iburua*. Les froids d'octobre ont arrêté la croissance. Les épiaisons ont débuté à 12 heures de photopériode pour la première, à 12 heures, puis 10 heures pour la seconde, simulant le début du phénomène observé dans les espèces précédentes.

Conclusions critiques. Les *héméropériodiques* (Chouard) ([1]) n'exigent pas d'obscurité pour la mise à floraison, mais les *nyctopériodiques* exigent cette condition. Ces dernières, ou plantes de *jour court*, demandent une obscurité continue, selon Lysenko, mais *peuvent tolérer les photopériodes* quand elles n'excèdent pas une certaine longueur.

En plus des plantes *indifférentes* (Garner et Allard) Allard ([2]) a trouvé des plantes à comportement *intermédiaire* au point de vue des photopériodes, mais ce sont des plantes de jours longs à scotophase étendue (phase d'obscurité préliminaire à la photophase), donc à deux photopériodes critiques (*Mikania scandens*).

De nos essais, il est conclu que :

1° *Des thermophytes de jour court n'ont pas besoin d'une obscurité continue, tout autant que d'une lumière continue.*

2° *Une photopériode optimale est une nécessité et non une tolérance de ces plantes.*

On peut les appeler des *nycto-héméropériodiques*, rappelant ainsi qu'il leur faut une période photique sensiblement égale à la période d'obscurité pour être rapidement induites à floraison.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les plasmodesmes épidermiques des écailles bulbaires des Liliacées*. Note de M. **Marius Chadefaud**, présentée par M. Roger Heim.

Chez les Lis (*Lilium candidum*, *L. Martagon*, *L. Henryi*, *L. Sutchenense*, *L. regale*) et diverses autres Liliacées (telles que *Allium sativum*, *A. polyanthus* et *Fritillaria meleagris*), l'épiderme des écailles bulbaires, examiné soit vitalement, soit après traitement par le bleu BZL alcoolique (réactif des lipides),

---

([1]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 469.
([2]) *J. Agr. Res.*, **57**, 1938, p 777.

permet l'observation de formations plasmodesmiques présentant des caractères très remarquables.

Ces formations sont localisées dans les cloisons qui séparent entre elles les cellules épidermiques. Elles peuvent y être très nombreuses. Principalement d'après l'étude du Lis blanc (*L. candidum*), leur structure et leur évolution peuvent se schématiser ainsi :

a. Tout au début, chacune d'elles se compose de deux *filaments plasmodesmiques*, extrêmement ténus, et d'observation difficile, qui partent d'un même point de la lame moyenne de la cloison, et dont chacun traverse entièrement, d'abord la paroi propre de l'une des deux cellules contiguës, ensuite la couche limitante interne de cette paroi, de façon à atteindre le protoplasme. La nature exacte de ces filaments ne m'est pas connue, mais il est douteux qu'ils soient formés de cytoplasme banal, car au dernier stade de leur évolution nous les retrouverons parfaitement distincts, bien que baignés par celui-ci. Leur point d'attache à la lame moyenne tend à former un petit bouton. Je ne puis dire avec certitude s'ils sont ou non en continuité à travers cette lame, ou en contact dans un très fin pore de celle-ci. Ils ne sont pas exactement dans le prolongement l'un de l'autre, mais forment, plus ou moins nettement, un V très ouvert. S'ils sont contenus dans une cloison longitudinale, le sommet de ce V est toujours dirigé vers le sommet de l'écaille, ce qui semble montrer que la disposition en V est liée à une infrastructure de la cloison.

b. Au stade suivant, dans la paroi propre de chaque cellule, entre la lame moyenne et la couche limitante interne, chaque filament plasmodesmique s'enrobe d'une masse que je qualifierai de *synaptoïde*, parce qu'elle fait penser, par son aspect et sa richesse en lipides (colorés par le bleu BZL), aux corps synaptiques des plasmodesmes des Floridées, tels que les ont décrits, en particulier, G. Mangenot, puis Marie Celan. Chaque plasmodesme paraît alors formé de deux masses synaptoïdes, tantôt égales, tantôt plus ou moins fortement inégales, reliées chacune au protoplasme de l'une des cellules contiguës par l'un des filaments plasmodesmiques, et séparées l'une de l'autre par la lame moyenne, qui ne se résorbe pas. Les masses synaptoïdes peuvent devenir volumineuses, et se doubler chacune, du côté de la cavité cellulaire, d'une seconde masse, qu'on peut qualifier d'accessoire. Elle peut même se doubler d'un chapelet de masses accessoires, enfilées sur le filament plasmodesmique, et se prolongeant dans le protoplasme, hors de la paroi.

Malgré la ressemblance avec les synapses des Floridées, il ne s'agit pas de corps synaptiques vrais. Leurs affinités tinctoriales ne sont d'ailleurs pas exactement celles de ces derniers : leurs lipides ne sont pas masqués, et elles ne sont pas sidérophiles. Elles représentent sans doute une sécrétion, émise par la cellule le long des filaments plasmodesmiques, et se logeant autour de ceux-ci, dans une cavité de la paroi cellulaire, qui se creuse pour la recevoir. Par leur

situation et leur réaction lipidique, elles rappellent la couche de subérine des parois cellulaires subérifiées.

c. Au dernier stade, les masses synaptoïdes se désorganisent et disparaissent, et il reste à leur place, dans la cloison, une ponctuation d'un type spécial, qu'on peut qualifier de *ponctuation sagittiforme*, car elle a, en coupe optique, la forme d'un fer de flèche ou, si l'on veut, celle d'une ponctuation aréolée qui serait réduite à une moitié de son diamètre. Cette forme est liée à la disposition en V des deux filaments plasmodesmiques, et à l'infra-structure des parois, qui commandait celle-là. Les ponctuations sagittiformes, ainsi formées, coexistent avec les ponctuations ordinaires, au niveau desquelles il y a simplement amincissement ou suppression de la paroi propre de chaque cellule, entre la lame moyenne et la couche limitante interne.

A l'intérieur de chaque ponctuation sagittiforme, on retrouve, parfois très nets, les deux *filaments plasmodesmiques*, entourés de cytoplasme banal, et bien distincts de celui-ci.

d. De la sorte, les plasmodesmes épidermiques des Liliacées sont très remarquables, parce qu'ils montrent :

1. Que les filaments plasmodesmiques ne sont pas formés de cytoplasme banal, ce qui rejoint, dans une certaine mesure, l'opinion de V. Jungers à leur sujet, et ce qui pose, de façon nouvelle, le problème de leur vraie nature;

2. Que ces filaments plasmodesmiques peuvent avoir d'autres fonctions que celle d'assurer les échanges nutritifs entre cellules contiguës, et qu'ils peuvent en particulier servir à la formation de dépôts lipidiques intra-membranaires, rappelant ceux de la subérification, ce qui pose de façon nouvelle, à la fois le problème du rôle exact des plasmodesmes, celui du mécanisme de la subérification, et même celui du mécanisme des autres différenciations des parois cellulaires, y compris certains types de ponctuations;

3. Que des formations intra-membranaires rappelant par leur morphologie, mais non toutefois par leur nature véritable, les synapses des Floridées, peuvent s'observer chez les Phanérogames.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez le* Vicia sativa *L.* Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

Dans une Note récemment parue, R. Souèges ([1]) laissait pressentir combien il était important de vérifier si les différences qu'il avait constatées entre le *Vicia sepium* d'une part, et les *Orobus vernus* ([2]) et *tuberosus* ([3]) d'autre part,

([1]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 389.
([2]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 60.
([3]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 493.

étaient constantes. Si oui, les arguments embryogéniques seraient peut-être à même d'apporter des arguments décisifs dans la classification des Viciées où les systèmes, s'appuyant sur les données habituelles de la morphologie externe, existent en si grand nombre et sont si divers qu'il est permis de douter de leur rigueur scientifique ([1]). Sur le *Vicia sativa*, je viens de trouver des caractères qui se superposent parfaitement à ceux du *V. sepium*, aux différents termes de l'embryogenèse.

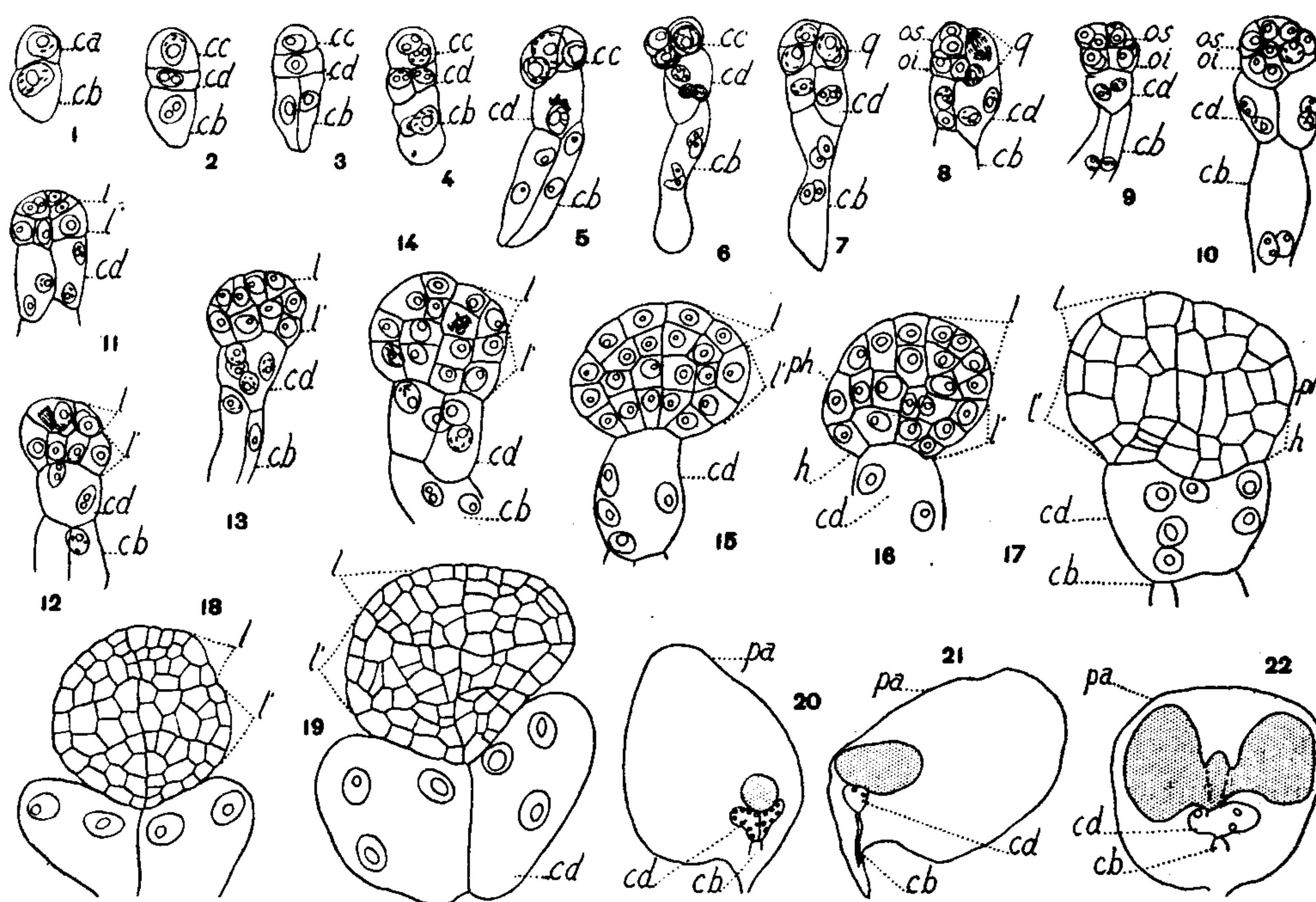


Fig. 1 à 22. — *Vicia sativa* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon : *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc*, cellule-fille supérieure de *ca* ou embryon proprement dit; *cd*, cellule-fille inférieure de *ca* ou vésicules plurinucléées supérieures; *q*, quadrants; *l* ou *os*, octants supérieurs; *l'* ou *oi*, octants inférieurs; *ph*, partie hypocotylée; *h*, partie génératrice de l'hypophyse; *pa*, paroi du sac. G. : 340 pour les figures 1 à 17; 240 pour les figures 18 et 19; 50 pour les figures 20 à 22.

Chez le *V. sativa*, la cellule apicale du proembryon bicellulaire (*fig.* 1) donne naissance à deux éléments superposés, *cc* et *cd*, tandis que la cellule *cb* se cloisonne longitudinalement (*fig.* 3). Seule, la cellule supérieure *cc* intervient dans la formation de l'embryon proprement dit. Une paroi verticale la divise en deux éléments (*fig.* 4), dont l'un se cloisonne longitudinalement, l'autre transversalement (*fig.* 6 et 7). Ces quadrants sont donc disposés en un tétraèdre régulier, mais l'un d'entre eux est entièrement séparé de l'étage *cd*, sans qu'on puisse, pour cela, l'identifier à une épiphyse, car il n'occupe pas le sommet de l'embryon. Des cloisonnements, longitudinaux dans les cellules superposées, transversaux dans les cellules juxtaposées, font apparaître des octants, disposés en deux étages, *l* et *l'* (*fig.* 9 et 10).

([1]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 838.

Dans l'étage supérieur *l*, le dermatogène n'est pas isolé d'emblée; il se constitue d'abord des parois anticlines, s'insérant, soit sur la paroi méridienne (*fig.* 11), soit sur la paroi inférieure horizontale (*fig.* 13) et, si, par la suite, il se forme assez tôt des parois périclines, les cellules de la périphérie, ainsi isolées, n'en continuent pas moins à se diviser, dans bien des cas, tangentiellement, à des stades avancés de l'embryogenèse (*fig.* 18 et 19).

Dans l'étage inférieur *l'*, l'apparition de cloisons verticales, isolant des cellules intérieures et des cellules extérieures (*fig.* 12 et 13), est suivie d'un cloisonnement horizontal, intéressant d'abord les cellules extérieures, puis les cellules centrales (*fig.* 13 et 14). A partir de ce moment, on distingue, avec assez de netteté, deux étages *ph* et *h*, identiques à ceux qu'on observe chez le *Vicia sepium* et d'autres genres de la même famille (*fig.* 16 et 17). Par la suite, se produit l'élargissement de l'embryon en une sorte de biscuit, présentant rapidement une concavité à sa face supérieure. C'est la différenciation des cotylédons qui provoque cette disposition, particulièrement nette dans les coupes parallèles à la cloison longitudinale qui sépare l'étage *cd* (*fig.* 20). Le cylindre central apparaît tardivement, à une époque où les cotylédons sont déjà bien développés, et le cône végétatif de la tige se forme avec plus de rapidité que celui de la racine (*fig.* 22). En raison de son état prolongé d'indifférenciation et du mouvement de courbure qu'il amorce assez précocement pour placer ses cotylédons en position accombante, l'embryon du *V. sativa* ne se prête, pas plus que celui du *V. sepium*, à la détermination de l'origine exacte de ses différentes parties.

La cellule *cd* donne naissance à deux vésicules plurinucléées et la cellule *cb* à deux éléments allongés, renfermant de nombreux noyaux. C'est l'ensemble de ces quatre éléments qui constitue le suspenseur proprement dit.

Ainsi se trouve confirmé le comportement différent des *Vicia* et des *Orobus*, en ce qui concerne le mode de division de la cellule *cc*, la disposition des quadrants et la forme en biscuit prise par l'embryon, aussitôt que débute la formation des cotylédons.

PHYTOPATHOLOGIE. — *L'infection florale du Dattier par le* Fusarium albedinis *(Kill. et Maire) Mlçn.* Note de M. **Georges Malençon**, présentée par M. Roger Heim.

Nos premières études relatives à l'étiologie de la trachéomycose du Dattier, appelée *bayoud*, ne résolvaient pas le problème posé par l'infection initiale des arbres; tout au plus avions-nous été conduit, en 1934, à considérer provisoirement le *Fusarium albedinis* (Kill. et Maire) Mlçn., agent de cette maladie, comme un parasite de blessure.

Par la suite, l'échec répété de tous nos essais d'infection artificielle tentés en vue de confirmer cette hypothèse nous a, au contraire, obligé à la rejeter et, par cela même, à faire reposer sur une conception différente les travaux de même nature que nous avons repris au printemps de 1946.

On sait, en pathologie végétale, qu'un stigmate de fleur, favorable par destination à la germination conidienne pollinique, peut l'être éventuellement aussi à une germination conidienne. Chez le Dattier, par ailleurs, on observe que les

premiers symptômes du bayoud sont toujours localisés sur les palmes voisines des hampes florales. Rapprochant ces deux faits, nous avons pensé que, dans le cas du bayoud, une corrélation existait peut-être entre eux et qu'il convenait alors de rechercher si la fleur du *Phœnix* n'était pas le point initial de pénétration du *Fusarium* plutôt que les blessures des palmes. Nous avons donc tenté des infections florales.

Ces expériences ont été réalisées à l'aide d'une suspension de microconidies de *F. albedinis* provenant de cultures issues d'isolements récents, n'ayant encore subi aucun repiquage susceptible d'en avoir atténué la virulence.

Les fleurs, prélevées au moment de l'ouverture de la spathe, ont été ensemencées sur les stigmates par une gouttelette de cette suspension et maintenues en atmosphère humide durant 100 heures. Après quoi, elles furent fixées, incluses, puis débitées en coupes de 8$^{\mu}$, les unes verticales, les autres transversales.

L'examen montra de suite que le *Fusarium* avait pénétré très profondément dans les carpelles, comme un vrai parasite, s'insinuant entre les cellules des parenchymes dont il déterminait progressivement la mort.

Ainsi, l'expérience montre que des spores de *F. albedinis* déposées à la surface du Dattier peuvent envahir spontanément ses tissus au moyen des hyphes qu'elles engendrent. C'est là un fait important, jusqu'ici inconnu, de l'étiologie du *bayoud*, qui se trouve révélé, et sa connaissance peut conduire à des méthodes thérapeutiques ou préventives nouvelles s'il se vérifie que l'infection des carpelles peut se poursuivre jusque dans la hampe florale et, de là, atteindre la couronne de l'arbre en y déterminant la maladie proprement dite.

Mais la pénétration du parasite n'a pas lieu d'une façon indifférente par n'importe quel point de la fleur. L'étude des coupes révèle en effet chez le *F. albedinis* une incapacité manifeste à perforer les parois cellulosiques ou cutinisées des épidermes dont l'organe floral est enveloppé; aussi la voie qu'il emprunte est-elle aussi étroite que particulière : c'est celle des composés pectiques.

Chez le Dattier au moins, ces composés n'apparaissent au dehors qu'à la partie supérieure des stigmates, sur les papilles, qu'ils engluent d'un mucilage de fluidité variable selon l'humidité. Le *Fusarium* germe sur cette masse muqueuse et son mycélium pénètre vite en profondeur où il rencontre un aliment moins dilué qui semble lui convenir davantage. Il vient ainsi s'appliquer sur la surface même du stigmate et de ses papilles qu'on trouve souvent enserrées du feutrage de ses hyphes.

A cette phase externe, encore purement saprophytique, succède le premier stade parasitaire. Guidés par un phytotropisme pectosique impératif, les filaments mycéliens s'insinuent *entre* les éléments les plus superficiels du stigmate, en suivant et digérant la lamelle, de nature précisément pectosique, qui les unit. Et de la sorte, le Champignon se trouve conduit de l'extérieur vers l'inté-

rieur des parenchymes de l'hôte, car aucune solution de continuité n'interrompt la liaison entre le mucilage superficiel qui revêt le stigmate et celui qui soude les massifs cellulaires profonds. La même disposition se retrouvant tout le long du canal stylaire, c'est-à-dire sur tout le trajet des tubes polliniques, la pénétration peut s'effectuer à n'importe quel niveau de ce parcours, comme nous avons pu le constater.

Dans le cadre encore limité de nos premières expériences nous n'avons pu observer de stades allant au delà de l'infection des carpelles. Ceux que nous avons étudiés correspondaient tous à cette première étape de parasitisme où le *Fusarium*, par une sorte de diapédèse, gagne à travers les tissus les vaisseaux où il va se développer en créant la trachéomycose proprement dite. En tout cas, durant le cours de cette période initiale, il demeure strictement intercellulaire et ne s'écarte pas des composés pectiques dont il suit rigoureusement la répartition. A son contact cependant, les cellules de l'hôte accusent des troubles profonds; elles se chargent de composés phénoliques, se plasmolysent et meurent. Dans les tissus fragiles, elles sont même dissociées par lyse de la lamelle pectosique intercellulaire et, comprimées par le développement des hyphes du parasite, finissent presque par disparaître. Ces phénomènes rappellent singulièrement ceux provoqués par divers *Monilia* (*M. cinerea*, *fructigena*), et il est curieux de les retrouver dans une fusariose.

En résumé, le mode infectieux du *F. albedinis* s'écarte sensiblement de celui des diverses espèces à trachéomycose du groupe du *Fusarium oxysporum* auquel il appartient et qui sont toutes à pénétration radiculaire. On pourrait, tout au plus, le rapprocher du *F. anthophilum*, du groupe *Moniliforme*, si cette forme cécidogène des Scabieuses n'envahissait des fleurs encore closes où le stigmate ne joue donc aucun rôle dans l'infection initiale, et si les tissus malades, atteints d'une hyperplasie générale, n'avaient pas leur existence préservée, contrairement à ce qui a lieu chez le Dattier avec le *Fusarium albedinis*.

CYTOLOGIE. — *Biotropisme du radiophosphore pour la cellule cancéreuse.* Note [1] de M. **Lucien Mallet**, présentée par M. Maurice de Broglie.

L'édification nucléaire de la cellule en division comporte un complexe de phospholipides, phosphoglucides et nucléoprotéides. L'élévation du rapport nucléoplasmatique des cellules en mitoses comparé à celui des cellules au repos s'accompagne d'une augmentation du coefficient phosphoré. Le noyau de la cellule cancéreuse, afin de constituer ces édifices moléculaires, capte avec avidité le phosphore.

A l'aide du phosphore *marqué*, on peut déjà se rendre compte de cette avidité des cellules des tissus hématopoiétiques normaux : médullaires, spléniques,

(1) Séance du 18 novembre 1946.

ganglionnaires, mais cette avidité est encore beaucoup plus accentuée, lorsqu'il s'agit de déviations pathologiques du type leucémique. E. Lawrence et Hamilton en ont montré l'intérêt. Nous avons recherché s'il en était de même pour les tissus néoplasiques du *type des épithéliomas*.

Chez un homme atteint d'une généralisation d'un épithélioma du type nœvo-carcinome, caractérisée par de multiples nodules cutanés et sous-cutanés, nous avons injecté 6^{cm^3} d'une solution à 1 % de phosphate disodique contenant 2 *millicuries de radiophosphore*. Afin de nous assurer de la localisation du radio-élément sur les nodules épithéliaux, nous avons appliqué sur la peau du sujet des films Kodak-Pathé du type film dentaire, mis dans une gaine de cellophane de 3/100 de millimètre. Nous nous étions auparavant assuré que le rayonnement β avait une pénétration suffisante pour ne pas être absorbé en totalité par les enveloppes du film. Ces tests sensibles ont été laissés huit jours en place. Au développement une image de noircissement correspondant au nodule est apparue nettement, alors que les films témoins n'étaient pas notablement impressionnés. Nous avons alors cherché à préciser la distribution de la radioactivité dans les divers constituants tissulaires afin d'arriver à localiser le maximum d'intensité.

Nous avons alors prélevé chirurgicalement deux modules cutanés : chacun d'environ 1^{cm^3}. L'un était destiné à la recherche de la radioactivité globale, l'autre au contrôle historadiographique et histologique. Dans le premier cas nous avons, après dessiccation et réduction en poudre de la petite tumeur, puis fixation sur support plastique, constaté une radioactivité très nette, environ 80 tops effectifs par minute, alors qu'un fragment de peau saine de même poids et de même préparation ne donnait qu'environ 30 tops.

Dans le deuxième cas nous avons préparé la tumeur suivant la technique histologique ordinaire (inclusion à la paraffine), puis coupé le bloc en deux fragments de même symétrie, les surfaces de clivage étant parfaitement superposables. L'un des blocs était destiné aux coupes histologiques et colorations habituelles. L'autre à l'historadiogramme par contact. A cette fin le bloc inclus a été placé en chambre noire sur une plaque au lactate d'argent à grains fins, mais isolé de celle-ci par une mince feuille de cellophane de 3/100 mm. L'exposition a été d'une durée de trois semaines. Au développement nous avons alors constaté une empreinte photographique très nette, parfaitement limitée, exactement superposable comme forme, dimensions et limites à l'aire de la coupe histologique qui correspondait au territoire des cellules néoplasiques. En dehors de cette zone, où il n'y avait pas de cellules cancéreuses mais de la graisse et du tissu conjonctif, la plaque photographique ne présentait qu'un léger voile. *La zone cancéreuse avait donc électivement capté le phosphore et en même temps son isotope radioactif.* Des recherches en cours nous ont montré également chez la femme, que des modules cutanés du carcinome mammaire avaient une affinité assez élective pour le radiophosphore.

L'intérêt de ces recherches nous semble assez grand, car il nous fait entrevoir que les radioisotopes, par leur affinité biologique, seront capables d'apporter des éléments nouveaux à la thérapeutique de certains cancers ainsi que des moyens de diagnostic.

PHARMACODYNAMIE. — *Effets tenseurs et vasculaires d'un des alcaloïdes colorés du* Rauwolfia serpentina *Bentham : la serpentinine.* Note de M. Raymond-Hamet, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Disposant d'un échantillon de serpentinine pure préparée par les chimistes mêmes qui l'ont découverte : S. et R. H. Siddiqui, nous avons étudié les effets tenseurs et vasculaires de cet alcaloïde, et nous avons pu constater que, contrairement aux observations de R. N. Chopra et de ses collaborateurs [1], il est hypotenseur et vasodilatateur.

A la suite de l'injection intraveineuse de $0^{mg},5$ de serpentinine par kilogramme, la pression carotidienne, après s'être passagèrement élevée de 157 à 164, s'est abaissée à 111^{mm} de Hg, mais est revenue assez rapidement au voisinage de son niveau initial (*fig.* 1.1).

Quand on injecta ensuite 1^{mg} de serpentinine par kilogramme, on constata que la pression qui avait monté tout d'abord de 157 à 167, descendit à 82^{mm} de Hg et resta longtemps au voisinage de ce niveau, après quoi elle ne se releva que très lentement (*fig.* 1.2).

Après l'injection de 2^{mg} de serpentinine par kilogramme, la pression, après être passée de 140 à 148, atteignit le niveau minimum de 103^{mm} de Hg, puis regagna d'abord assez rapidement, ensuite plus lentement, une hauteur nettement inférieure à celle qu'elle présentait avant l'injection (*fig.* 1.3).

Enfin, la pression réagit à l'injection de 4^{mg} de serpentinine par kilogramme, d'abord par une hausse fugace qui la porta de 136 à 140, ensuite par une chute qui l'amena à 88, enfin par un rétablissement extrêmement lent qui après l'avoir fait passer à 104, la ramena à 98^{mm} de Hg et ne la conduisit que peu à peu vers un niveau encore très inférieur au niveau primitif (*fig.* 1.4).

Quant au volume du rein, il diminue quand la pression artérielle s'abaisse, puis augmente alors que celle-ci se relève, mais, surtout à la suite de l'injection des doses fortes de serpentinine, il s'accroît plus rapidement que la pression ne se hausse, de telle sorte qu'il est redevenu égal et même supérieur à ce qu'il était avant l'injection, tandis que la pression se trouve encore très au-dessous de son niveau initial (*fig.* 1).

Pour ce qui est de l'action vasodilatatrice de la serpentinine, nous avons pu la mettre en évidence par la technique de Schiff telle que nous l'avons appliquée aux recherches pharmacologiques. Il a suffi, en effet, d'injecter dans une

---

(1) *Ind. Journ. Méd. Res.*, 30, 1942, p. 319.

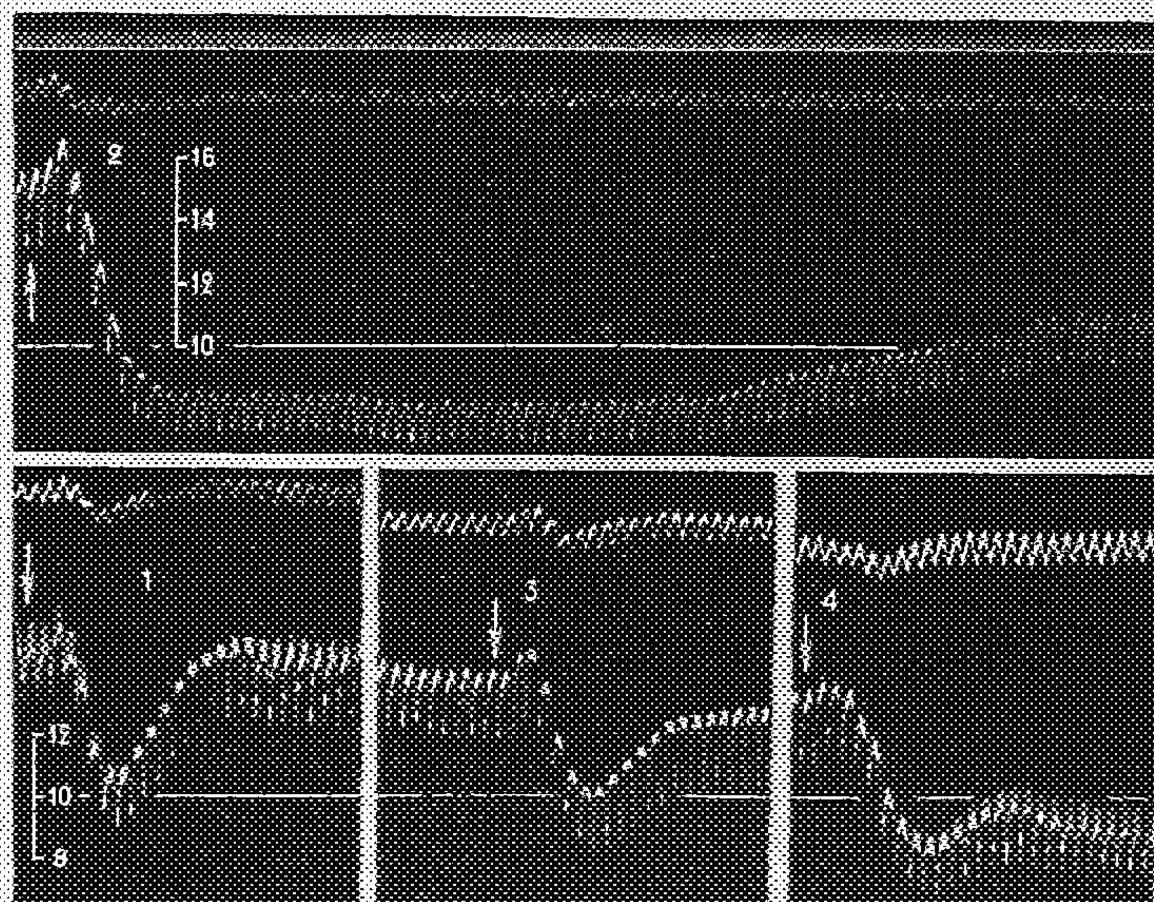


Fig. 1. — *Expérience du* 12 *août* 1939. — Chien de 5^{kg}, anesthésié par le chloralose (12^{cg} par g), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. — 1re *ligne* : temps en secondes. 2e *et* 4e *lignes* : variations du volume du rein enregistrées par l'oncographe d'Hallion et Comte par nous modifié. 3e *et* 5e *lignes* : modifications de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. — Aux points marqués par les flèches, on a injecté dans la saphène, en 1 : 2^{mg},5, en 2 : 5^{mg}, en 3 : 10^{mg}, enfin en 4 : 20^{mg} de serpentinine dissoute, après neutralisation par l'acide chlorhydrique, dans le soluté physiologique de chlorure de sodium, à raison de 2^{mg} par centimètre cube. — Tracés réduits de moitié.

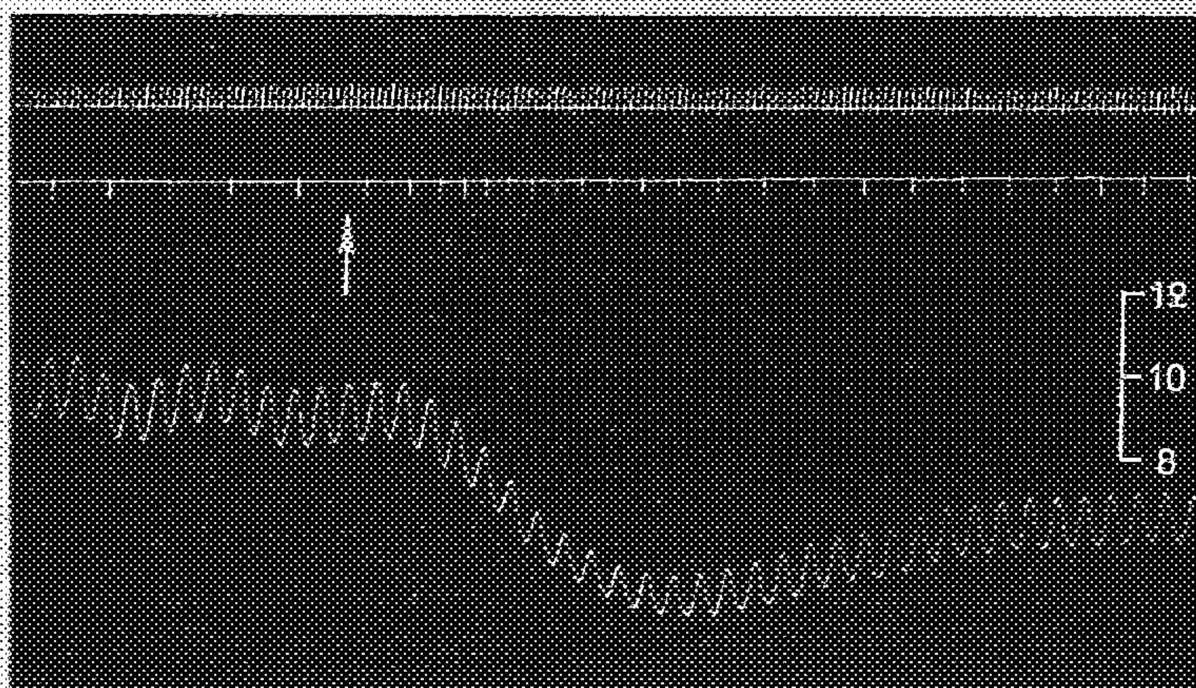


Fig. 2. — *Expérience du* 13 *avril* 1944. — Chien de 15^{kg}, anesthésié par le chloralose (12^{cg} par kg.), bivagotomisé au cou, soumis à la respiration artificielle et ayant reçu, pour rendre son sang incoagulable, une injection intraveineuse de 150^{mg} de polyanétholsulfonate de sodium (Liquoïde Roche). — 1re *ligne* : temps en secondes. 2e *ligne* : variations de l'écoulement de la veine fémorale gauche enregistrées au moyen d'un compteur de débit du type Condon. 3e *ligne* : modification de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. — Au point marqué par la flèche, on a injecté, dans une ramification de l'artère fémorale gauche, 4^{mg} de serpentinine dissous, après neutralisation par l'acide chlorhydrique, dans 2$^{cm^3}$ de soluté physiologique de chlorure de sodium. — Tracé réduit d'un tiers.

ramification d'une artère fémorale, 4^{mg} de serpentinine en solution dans 2$^{cm^3}$ de soluté physiologique de chlorure de sodium, pour que, en dépit d'une forte hypotension qui amena la pression carotidienne de 98 à 52^{mm} de Hg, l'écoulement de la veine fémorale correspondante augmentât de près de trois fois (*fig.* 2).

BIOLOGIE. — *Le polymorphisme social du Termite à cou jaune* (Calotermes flavicollis *F.*). *La production des soldats*. Note [1] de MM. **Pierre-P. Grassé** et **Charles Noirot**, présentée par M. Louis Fage.

Les biologistes, quelle que soit leur opinion sur le déterminisme des castes, s'accordent à reconnaître que les soldats et les sexués, dans une société de Termites, proviennent de larves appartenant à des catégories différentes, reconnaissables ou non à des caractères morphologiques externes.

De nombreuses recherches, sur *Calotermes flavicollis*, nous conduisent à une interprétation notablement différente.

L'étude biométrique de la tête (largeur et longueur) ne révèle pas de différences significatives entre les larves d'un même stade. Aussi ne pouvant diviser les larves en catégories morphologiquement distinctes, nous ne reconnaîtrons qu'une seule souche qui, normalement, conduit aux ailés [1].

Nous soutiendrons ici que *les soldats dérivent de larves appartenant à la lignée des sexués*.

Si nous insérons les larves aptères de la colonie débutante dans la lignée des sexués, c'est qu'elles acquièrent des fourreaux alaires au fur et à mesure que la colonie vieillit (*cf.* Kalshoven, 1930, *Neotermes tectonæ*). En outre, dans une colonie renfermant des nymphes (c'est-à-dire des larves à ébauches alaires), les soldats, d'après nos observations, proviennent toujours de celles-ci. Si l'on acceptait l'existence d'une catégorie de larves destinées à donner des soldats, il faudrait en conséquence admettre que cette catégorie n'existe plus dans les colonies âgées où les nymphes, futurs sexués, sont seules à donner les soldats.

Dans une colonie naissante, le premier soldat formé est de petite taille et ne possède que 12 articles antennaires. Il provient d'une larve du 3e stade (12 articles antennaires) qui mue et se transforme en *soldat-blanc*, lequel, muant à son tour, donne le soldat définitif.

Dans une termitière plus âgée et par conséquent plus populeuse, les soldats deviennent plus nombreux et sont issus de larves plus avancées (4e stade); ils possèdent en général 13 articles antennaires et sont un peu plus grands que le premier soldat.

Au fur et à mesure que la société grandit et vieillit, de nombreux soldats

---

[1] Séance du 18 novembre 1946.

apparaissent qui dérivent de larves plus âgées (5ᵉ, 6ᵉ et 7ᵉ stades). Ils comptent de 14 à 17 articles antennaires (quelquefois 18), et d'ordinaire sont plus grands que les soldats des stades différents [2]. Il est facile de reconnaître qu'ils proviennent de larves appartenant à la lignée des sexués, puisque celles-ci montrent des fourreaux alaires bien individualisés.

Dans une vieille et florissante colonie, les soldats nous ont paru sortir exclusivement de nymphes ayant des fourreaux alaires bien développés. Au cours des deux mues qui transforment la nymphe en soldat, les fourreaux alaires régressent plus ou moins. Dans certains cas, ils laissent comme vestiges une petite suture située non loin du bord externe des méso- et métanotum et parallèlement à lui. Dans d'autres cas, un lobe saillant marque, aux angles postérieurs des méso- et métanotum, l'emplacement des fourreaux alaires régressés. Il arrive aussi que les fourreaux persistent au point d'être reconnaissables à l'œil nu. En fait, tous les intermédiaires existent entre l'absence totale des fourreaux et la présence de grandes ébauches. Dans cette dernière éventualité, l'individu, portant à la fois des caractères de sexué et de soldat, peut être considéré comme un intercaste. Toutefois, ses organes génitaux sont dans le même état que ceux des soldats sans fourreaux alaires [4].

Les élevages expérimentaux, composés exclusivement de nymphes appartenant au même stade (5ᵉ, 6ᵉ ou 7ᵉ) et fondés en juin-juillet, produisent en nombre des soldats à rudiments de fourreaux alaires. L'apparition des soldats-blancs se faisant très peu de temps après la mise en expérience, nous estimons que la détermination de la caste était antérieure au changement de milieu. Nous sommes d'autant plus de cet avis, que la production des soldats, dans les nids naturels, ne s'effectue pas d'une façon continue. C'est dans les mois de mai, juin et surtout juillet que s'observe la plus forte production des soldats, avant que les nymphes du dernier stade ne se transforment en imagos.

La différenciation de nouveaux soldats est peut-être, comme le supposent les auteurs américains, sous la dépendance d'une inhibition exercée par les soldats présents dans la termitière. Mais les conséquences de l'addition ou de la suppression de soldats dans une société sont si capricieuses que l'on ne peut, à leur sujet, formuler une opinion ferme.

Nos observations nous conduisent à reconnaître l'extrême plasticité des larves du Termite à cou jaune; plasticité telle qu'un individu engagé complètement dans la lignée imaginale (7ᵉ et dernier stade) conserve la possibilité de se

---

(2) Nous réservons le cas des *faux-ouvriers* qui sera présenté dans une autre Note.

(3) Il n'existe pas une correspondance rigoureuse entre le nombre des articles antennaires et la taille totale. Des soldats à 15 articles peuvent être aussi grands, sinon plus, que des soldats à 16 ou 17 articles. Largeur et longueur de la tête des soldats s'ordonnent suivant une courbe continue et non plurimodale.

(4) Rappelons d'ailleurs que chez les *Calotermes*, et probablement chez tous les Calotermitidæ, les organes génitaux des soldats (mâles et femelles) et des essaimants (mâles et femelles) sont au même degré de développement.

transformer en soldat. Toutefois, nous ne pensons pas que des potentialités aussi étendues se retrouvent dans les individus immatures des Termites supérieurs.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la déphosphorylation et l'amylolyse enzymatiques des amidon-phosphates et des glycogène-phosphates.* Note ([1]) de MM. **Nguyen-Van Thoai** et **Jean Roche** et Mme **Madeleine Jean Silhol-Bernère**, présentée par M. Maurice Javillier.

La phosphomonoestérase alcaline purifiée (intestin de Chien) opère *in vitro* la phosphorylation non hydrolysante des amidons et du glycogène ([2]). Comme, par ailleurs, l'amylase pancréatique purifiée est rigoureusement exempte d'activité phosphatasique ([3]), l'action de chacun de ces enzymes paraît indépendante et la nature des fonctions hydroxylées estérifiées par l'acide orthophosphorique dans les amidons naturels ne constitue sans doute pas une limite à la spécificité de la phosphatase. Or, de nombreux auteurs admettent que les radicaux phosphoriques de l'amidon de Pomme de terre sont libérés par le malt grâce à l'action d'une amylophosphatase spécifique hydrolysant partiellement l'oside (peptisation et libération d'une petite quantité de produits réducteurs) sans le secours d'une amylase ([4]). L'étude de l'action de la phosphatase alcaline et de l'amylase pancréatique purifiées sur l'amidon de Pomme de terre, le glycogène et les produits de leur phosphorylation enzymatique méritait d'être entreprise, afin de préciser à la fois un aspect important de la spécificité de ces enzymes et l'influence que peut exercer l'estérification des deux osides sur le mécanisme de leur dégradation.

Matériel d'étude et techniques. — L'amidon de Pomme de terre a été dialysé pendant 5 jours contre de l'eau bidistillée, lavé à l'alcool et desséché sous vide; il renfermait 0,20 % P. Le lyoglycogène préparé à partir de foie de Chien (technique dérivée de celle de Rona et von Ewerуh) était dépourvu de phosphore. Les phosphates d'amidon soluble (Pomme de terre) et de glycogène ont été obtenus par voie enzymatique ([2]); ils contenaient de 1,2 à 3,0 % P. *La phosphomonoestérase alcaline* (intestin de Chien), purifiée par la technique décrite dans une Note antérieure ([5]), *ne renfermait pas d'amylase* et son activité correspondait à Q = 125 000. *L'amylase pancréatique purifiée* ([3]), *dépourvue*

([1]) Séance du 18 novembre 1946.

([2]) Nguyen-Van Thoai, J. Roche et E. Danzas, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1259.

([3]) Nguyen-Van Thoai et M. Silhol-Bernère, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 761.

([4]) E. Waldschmidt-Leitz et K. Mayer, *Zeits. f. physiol. Chem.*, **236**, 1935, p. 268; E. Waldschmidt-Leitz, M. Samec et K. Mayer, *ibid.*, **250**, 1937, p. 192; K. Mayer et K. M. Mayer, *ibid.*, **267**, 1940, p. 115.

([5]) Nguyen-Van Thoai, J. Roche et M. Roger, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 246.

d'activité phosphatasique et maltasique titrait 10 000 000 à 16 000 000 d'unités Shermann.

L'action de la phosphatase a été suivie à 37° et à pH 8,8 par la mise en liberté des phosphates (méthode de Briggs-Robison) dans des milieux renfermant 1 % de substrat, de l'acétate de magnésium 5.10^{-2} M, de la *dl*-alanine 1.10^{-2} M et du mélange tampon au véronal sodique de Michaëlis (pH 8,8) 2.10^{-2} M. Celle de l'amylase a été étudiée à 37° et à pH 6,8 (dosage du pouvoir réducteur par micro-Bertrand) sur des solutions renfermant 1 % de substrat, du mélange tampon aux phosphates de Sörensen (pH 6,8) 2.10^{-2} M et du chlorure de sodium 1.10^{-1} M.

L'action de la phosphatase alcaline sur l'amidon de Pomme de terre, sur les amidon-phosphates et les glycogène-phosphates obtenus par voie enzymatique est illustrée par les données ci-dessous :

Temps d'hydrolyse.	Gamma de phosphore libérés à partir de 100^{mg} de : Amidon de Pomme de terre (0,2 % P).				Amidonphosphate (1,8 % P).		Glycogènephosphate (2,8 % P).	
Essai n°...	1.	2.	3.	4.	1.	2.	1.	2.
15 minutes	30	0	0	50	480	350	785	650
30 »	50	0	0	75	1010	680	1090	1180

Les dérivés phosphoriques de l'amidon et du glycogène sont énergiquement déphosphorylés par la phosphatase alcaline, et cela sans apparition de groupements réducteurs ([6]), donc sans hydrolyse de liaisons osidiques. L'action de l'enzyme sur l'amidon de Pomme de terre s'est montrée irrégulière, mais il est possible que la difficulté du dosage de très petites quantités de phosphates en présence des empois ait altéré la précision de nos observations; de toute manière, elle ne va en aucun cas de pair avec la formation de produits réducteurs.

L'amylase pancréatique hydrolyse l'amidon de Pomme de terre plus rapidement que ses dérivés phosphorylés, dont le dédoublement est d'autant plus lent qu'ils sont plus riches en phosphore (écarts observés après 24 heures d'expérience : 5 % avec un produit renfermant 1,2 % P et 18 % avec un autre à 1,8 % P.) De même, le glycogène est moins résistant à l'action de l'enzyme que son ester à 3,0 % P, les écarts entre les courbes d'hydrolyse des deux corps se manifestant surtout dans la phase initiale de la réaction (17 % après 1 heure d'expérience et 3 % après la troisième). La dégradation amylasique n'a comporté la mise en liberté de phosphates dans aucun des cas étudiés.

Conclusion. — La déphosphorylation des amidon-phosphates et des glyco-

([6]) Ce fait indique probablement que la phosphorylation enzymatique des osides a lieu sur le carbone 6 des restes osidiques (restes d'ester de Robison), comme dans l'amidon de Pomme de terre (Posternak).

gène-phosphates est opérée par la phosphatase alcaline sans rupture simultanée de liaisons osidiques, l'enzyme catalysant réversiblement la réaction : amidon ou glycogène + $n PO_4H_3 \rightleftharpoons$ amidon-phosphate ou glycogène-phosphate + $n H_2O$. Par ailleurs, l'amylase pancréatique dégrade les dérivés phosphoriques de l'amidon et du glycogène et l'amidon de Pomme de terre sans libérer leurs radicaux phosphoriques; l'estérification des osides par ceux-ci réduit néanmoins leur vitesse d'hydrolyse. Il découle de ces faits que l'amylolyse peut avoir lieu sans participation d'une amylophosphatase spécifique, dont l'existence mériterait par ailleurs d'être établie avec plus de précision.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la nature de la matière odorante des cultures du bacille tuberculeux*. Note de MM. **Albert Goris** et **Sébastien Sabetay**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les cultures du bacille tuberculeux sur bouillon dégagent une odeur agréable de jasmin, de rose, de mimosa, assez difficile à définir. M. Burger ([1]) explique ce fait par la présence d'aldéhyde salicylique, sans d'ailleurs isoler ce composé. R.-J. Anderson et Melvin S. Newman ([2]) isolèrent des lipides du B. tuberculeux, à côté d'un pigment jaune virant au rouge par les alcalis, de l'acide anisique. Stendal ([3]), en opérant sur les acides gras totaux provenant de la graisse de B. K., put isoler, à côté du pigment jaune de J. Anderson et Newman, de l'acide myristique, de l'acide salicylique et de l'acide phénylacétique. L'odeur des cultures du B. tuberculeux semble ne pouvoir être rapportée à aucun de ces composés.

Dans une étude générale sur la composition de ce microorganisme, l'un de nous ([4]) a isolé, en 1920, un produit curieux dénommé par lui *Hyalinol* et qui permet de donner des indications précises sur la nature de cette odeur. Nous rapporterons brièvement le mode de préparation de ce composé.

Des corps bacillaires triés, provenant de cultures pour l'obtention de la tuberculine à l'Institut Pasteur, sont délayés à la main dans de l'eau glacée, puis passés sur un tamis à larges mailles pour bien diviser la masse et détruire les grumeaux. On passe sur un filtre ordinaire et l'on continue les affusions d'eau glacée jusqu'à ce que les eaux de lavage soient incolores et ne donnent plus de précipité par le réactif de Tanret, preuve de l'absence des peptones du bouillon de culture. On met à sécher à 37°, puis l'on pulvérise, avec la plus grande précaution, la masse de corps bacillaires.

On introduit ainsi 1250g de bacilles secs dans un ballon avec une grande quantité de chloroforme et l'on fait bouillir plusieurs heures, le ballon étant surmonté d'un réfrigérant à reflux. On filtre à la trompe sur Buchner et l'on reprend le gâteau par le chloroforme. On continue ces traitements jusqu'à épuisement complet.

([1]) *Biochem. Zeits.*, **78**, 1916, pp. 155-164.
([2]) *Journ. of biolog. Chem.*, **101**, 1933, pp. 773-779.
([3]) *Bull. Sc. pharm.*, **41**, 1934, pp. 69-71.
([4]) A. Goris, *Ann. Inst. Pasteur*, **34**, 1920, pp. 497-547.

Les solutions chloroformiques séchées sur sulfate de sodium anhydre sont filtrées et distillées. La fin de l'opération est faite dans un cristallisoir, au bain-marie. On constate au fond du cristallisoir la présence d'une couche plus dense d'aspect gélatineux mais homogène, qui tend au fur et à mesure de l'évaporation à se séparer au sein de la solution. Si, avant la fin de l'opération, cette matière est divisée par agitation, elle se présente en fragments, en larmes amygdaloïdes, au milieu de la matière grasse.

Ces morceaux, séparés à la main, sont lavés à l'éther pour enlever la matière grasse. Ils sont alors redissous dans le chloroforme et précipités par un excès d'éther. On a une masse gélatineuse qui laisse en solution les matières grasses. On filtre à la trompe et l'on répète plusieurs fois ces dissolutions et précipitations. Une dernière reprise par le chloroforme donne après évaporation un produit d'aspect corné. Une solution chloroformique très diluée abandonne par évaporation spontanée une pellicule transparente d'aspect vitreux analogue à de l'acétate de cellulose, d'où le nom de Hyalinol (ὕαλινος qui a la transparence du verre).

Un gramme de ce produit est saponifié par la soude aqueuse au 1/4. La solution alcaline épuisée à l'éther abandonne une substance jaune rougeâtre possédant l'odeur des cultures du bacille tuberculeux.

La solution alcaline est acidifiée par de l'HCl et épuisée à nouveau par l'éther. On obtient un acide cristallisé en tables transparentes, à odeur butyrique, F 71° (après purification). C'est de l'acide crotonique, mêlé d'une petite quantité d'acide isocrotonique, qui lui communique une odeur butyrique.

La partie odorante provenant de l'épuisement en milieu aqueux alcalin se présente sous forme d'une masse pâteuse, colorée en brun foncé. Elle possède une odeur de rose très nette d'alcool phényléthylique. Distillée en présence d'un peu de potasse, elle dégage l'odeur typique de styrolène, réaction spécifique de l'alcool β-phényléthylique, comme Sabetay l'a montré. La toute petite quantité de matière dont nous disposions ne nous a pas permis d'identifier le styrolène formé sous forme d'un dérivé cristallisé (bromure). Nous nous proposons d'apporter cette preuve complémentaire, dès que nous disposerons d'une quantité plus importante de matière première.

L'odeur des cultures du B. tuberculeux est due, au moins pour une part, à l'alcool β-phényléthylique, principe fondamental de l'essence concréte de rose. Il provient du dédoublement de l'hyalinol, sous des causes qui nous échappent encore.

SPECTROCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude des spectres d'absorption et de fluorescence de l'escorcéine.* Note (1) de MM. **Moïse Berenstein** et **Charles Dhéré**, présentée par M. Louis Lapicque.

Nous avons utilisé de l'escorcéine obtenue à partir d'esculétine, en procédant comme l'a indiqué Rochleder : celui-ci avait signalé la magnifique fluorescence rouge de la solution dans l'eau (2).

(1) Séance du 18 novembre 1946.

(2) *Journ. f. prakt. Chemie*, 101, 1867, p. 425; Cf. E. Lommel, *Ann. der Physik u. Chemie*, N. F., 24, 1885, p. 291.

Nous avons examiné les spectres des solutions acides, alcalines et neutres. La fluorescence était excitée par l'arc au charbon, dont la lumière filtrée ne contenait que des rayons violets et ultraviolets.

1° *Solutions acides*. — Elles sont orangées et transmettent, sans affaiblissement notable, tous les rayons visibles jusqu'au milieu environ de la plage verte, où commence une assez large bande d'absorption, peu intense, à bords flous. Le spectre de fluorescence est constitué par une bande débutant dans le rouge et finissant dans le vert : *Type I* (de fluorescence).

Solvant.	Bande d'absorption.	Bande de fluorescence.
Acide sulfurique *n*	λ 541 à λ 474 mμ.	λ 649 à λ 558 mμ.
Acide acétique *n*	λ 528 à λ 466 mμ.	λ 648 à λ 553 mμ.

Dans l'acide acétique glacial, l'émission se prolonge jusqu'à λ 547.

2° *Solutions alcalines*. — Elles possèdent une très belle couleur pourpre et présentent trois bandes d'absorption. Contrairement à ce que montrent les solutions acides, il y a une remarquable transparence dans la plage la plus réfrangible, à partir de λ 540 environ. Voici les déterminations des bandes d'absorption pour une solution dans la soude *n*/100 ([3]) :

Bande I λ 606 à λ 585; bande II λ 578,5 à λ 567,5; bande III λ 552,5 à λ 541.

La bande I est la plus sombre; la bande II y est presque accolée. La fluorescence est extrêmement forte et d'un rouge orangé; le spectre diffère nettement de celui des solutions acides en ce que la bande brillante est beaucoup plus courte; elle ne va même pas tout à fait jusqu'au jaune proprement dit. Cette bande est comprise entre λ 649 et λ 594 : *Type II* ([4]). (On aperçoit de plus dans la plage vert bleu, à partir de λ 548, une faible lueur qu'on pourrait à la rigueur considérer comme une deuxième bande.)

3° *Solutions neutres*. — Dans l'eau distillée ([5]), on obtient une liqueur orangée dont le spectre d'absorption est, peut-on dire, une combinaison des spectres alcalin et acide. En effet, après les trois bandes des liqueurs alcalines (la 2e et la 3e à peine visibles), on observe une quatrième bande correspondant à la bande unique des solutions acides, quatrième bande étendue de λ530 à λ468. Quant au spectre de fluorescence, il comprend deux bandes : l'une dans l'orangé, de λ648 à λ591; l'autre (moins brillante) dans le vert, de λ578 à λ553 (*Type III*). L'interprétation de ce dernier type de spectre est assez

---

([3]) Dans la soude normale, la couleur devient peu à peu bleu indigo et une forte bande d'absorption apparaît entre λ655 et λ622.

([4]) Détermination spectroscopique (dispersion prismatique). Ce spectre de fluorescence et ceux appartenant aux Types I et III (voir 3°) s'étendent en réalité beaucoup plus loin vers l'infrarouge, comme nous l'avons constaté par enregistrement photographique sur plaques spéciales.

([5]) Eau bidistillée, cuve en quartz fondu. L'alcali que cède le verre ordinaire suffit à altérer la couleur et le spectre.

délicate. Cette structure résulte-t-elle uniquement d'une autoabsorption? Opérant avec des tubes de 10^{mm} de diamètre, nous avons constaté que des liqueurs extrêmement diluées, où l'absorption n'était plus perceptible, montraient encore cette coupure dans la bande de fluorescence. Alors même qu'il serait prouvé plus tard que la réabsorption de la lumière de fluorescence intervient seule dans ce cas, il conviendrait pourtant, nous semble-t-il, de conserver la distinction d'un type III, puisque, pratiquement, on l'observe toujours non seulement avec les solutions dans l'eau distillée, mais encore dans certains solvants organiques neutres.

L'escorcéine est réduite d'une façon réversible par l'hydrosulfite de soude; la liqueur décolorée ne montre plus de fluorescence orangée. Ajoutons que la lumière jaune (filtrée) du sodium ainsi que les deux raies Hg $\lambda 579$ et $\lambda 577$ mμ excitent intensivement la fluorescence des solutions alcalines, mais non celle des solutions acides.

A $16^h 15^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

M. le **Président** présente la liste suivante de candidats à la place vacante dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie, par le décès de M. *Léon Guillet*.

En première ligne	M. **Georges Darrieus**.
En seconde ligne...............	M. **Hippolyte Parodi**.
En troisième ligne ex æquo *et par ordre alphabétique*............	MM. **Paul Dumanois**. **Raymond Jouaust**. **André Léauté**. **Marcel Pauthenier**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à $17^h 15^m$.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 DÉCEMBRE 1946.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

RENOUVELLEMENT ANNUEL
DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Henri Villat** est élu Vice-Président pour l'année 1947, par l'unanimité des suffrages exprimés.

MM. **Émile Borel** et **Gabriel Bertrand**, par l'unanimité des suffrages exprimés, sont réélus Membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Michael Heidelberger**, Membre de l'Académie des Sciences de Washington, délégué des États-Unis à la célébration du *Cinquantenaire* de la mort de **Pasteur**, **Marston Morse**, de l'Institute for advanced Study de Princeton, et à M. **Lipschütz**, Professeur de Médecine expérimentale à Santiago de Chili.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section des Applications de la Science à l'Industrie, en remplacement de M. *Léon Guillet*, décédé.

	Nombre de suffrages	
	1er tour.	2e tour.
Nombre de votants	55	55
MM. Georges Darrieus	23	38
André Léauté	10	7
Raymond Jouaust	9	5
Hippolyte Parodi	5	4
Paul Dumanois	5	-
Marcel Pauthenier	3	1

M. **Georges Darrieus** ayant obtenu la majorité absolue des suffrages est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement provisoire de la République.

Par l'unanimité des suffrages exprimés, M. **Thomas Wallace** est élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale, en remplacement de M. *André Paillot*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats au poste de Directeur de l'Observatoire du Pic du Midi.

(Renvoi aux Sections d'Astronomie et de Physique générale.)

Sir **Geoffrey Ingram Taylor**, élu Correspondant pour la Section de Mécanique, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les engrais phosphatés*, par Adrien-André Sanfourche;

2° *La suspension et la direction des véhicules routiers*, par Max Serruys (présenté par M. Caquot);

3° *Éléments de thermodynamique et physicochimie de la combustion dans les moteurs*, par Max Serruys (présenté par M. Caquot).

TOPOLOGIE. — *Sur la combinaison de topologies pseudo-métrisables et métrisables.* Note de M. **Léopoldo Nachbin**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soit $\mathfrak{T} = \mathfrak{T}(E)$ l'ensemble des topologies sur l'ensemble infini E, ordonné par la relation d'être une topologie moins fine qu'une autre topologie [1]. $\mathfrak{T}$ est un *réticulé achevé*, c'est-à-dire un ensemble ordonné tel que toute partie non vide $\mathfrak{X}$ possède une borne supérieure $sup\,\mathfrak{X}$ et une borne inférieure $inf\,\mathfrak{X}$. Pour chaque $\mathfrak{A} \subset \mathfrak{T}$ non vide, soit $S(\mathfrak{A})[I(\mathfrak{A})]$ l'ensemble des valeurs de la fonction $\mathfrak{X} \to sup\,\mathfrak{X}\ [\mathfrak{X} \to inf\,\mathfrak{X}]$, où $\mathfrak{X} \subset \mathfrak{A}$ est non vide. Évidemment $SS(\mathfrak{A}) = S(\mathfrak{A})$, $II(\mathfrak{A}) = I(\mathfrak{A})$. Pour l'ensemble $\mathfrak{T}_1 = \mathfrak{T}_1(E)$ des topologies sur E où toute partie de E réduite à un point est fermée, on a $S(\mathfrak{T}_1) = I(\mathfrak{T}_1) = \mathfrak{T}_1$. Nous désignons par $\mathfrak{M} = \mathfrak{M}(E)$ l'ensemble des topologies pseudo-métrisables sur E, par $\mathfrak{M}_1 = \mathfrak{M}_1(E)$ celui des topologies métrisables sur E [2].

---

[1] Les notations et la terminologie topologique utilisées dans cette Note sont celles des *Éléments de Mathématiques* de N. Bourbaki (*Act. Scient. et Ind.*, nos 846, 858, Paris, 1939-1940).

[2] Une topologie sur E est *pseudo-métrisable* si elle est la moins fine de toutes celles

2. La combinaison des topologies pseudo-métrisables donne lieu aux propositions suivantes

1° $S(\mathfrak{M})$ *est l'ensemble des topologies uniformisables sur* E ([3]).

2° $IS(\mathfrak{M})$ *est l'ensemble des topologies sur* E *telles que : si* $X \subset E$ *n'est pas ouvert, ou bien on peut trouver un point de* X *et un point de son complémentaire topologiquement équivalents* ([4]), *ou bien il existe un point de* X *tel que tout voisinage de ce point contient une infinité de points du complémentaire de* X.

3° $SIS(\mathfrak{M})$ *est l'ensemble des topologies sur* E *telles que : les parties ouvertes infinies de* E *et les parties finies simultanément ouvertes et fermées de* E *forment un système de générateurs pour les parties ouvertes de la topologie.*

4° $ISIS(\mathfrak{M}) = \mathfrak{T}$.

5° $I(\mathfrak{M})$ *est l'ensemble des topologies sur* E *telles que : si* $X \subset E$ *n'est pas ouvert, ou bien on peut trouver un point de* X *et un point de son complémentaire topologiquement équivalents, ou bien on peut trouver un point de* X *qui est la limite d'une suite dénombrable de points deux à deux distincts du complémentaire de* X.

6° $SI(\mathfrak{M}) = SIS(\mathfrak{M})$, $ISI(\mathfrak{M}) = \mathfrak{T}$.

3. Sur la combinaison des topologies métrisables, on obtient les résultats suivants :

1° $S(\mathfrak{M}_1)$ *est l'ensemble des topologies uniformisables sur* E *plus fines qu'une topologie métrisable sur* E ([5]).

2° $IS(\mathfrak{M}_1)$ *est l'ensemble des topologies sur* E *telles que : si* $X \subset E$ *n'est pas ouvert, on peut trouver un point de* X *adhérent à au moins un filtre à base dénombrable de parties du complémentaire de* X, *sans point fixe* ([6]).

3° $SIS(\mathfrak{M}_1) = \mathfrak{T}_1$.

4° $I(\mathfrak{M}_1)$ *est l'ensemble des topologies sur* E *telles que : si* $X \subset E$ *n'est pas ouvert, on peut trouver un point de* X *qui est la limite d'une suite dénombrable de points deux à deux distincts du complémentaire de* X.

5° $SI(\mathfrak{M}_1) = \mathfrak{T}_1$.

---

pour lesquelles une certaine *pseudo-métrique* sur E, c'est-à-dire une fonction positive d sur le carré $E \times E$ telle que $d(x, x) = 0$ et $d(x, z) \leq d(x, y) + d(z, y)$, est continue. Si, en outre, $d(x, y) > 0$ pour $x \neq y$, d est une *métrique* et la topologie est dite *métrisable*.

([3]) Cette proposition est essentiellement due à M. André Weil, *Sur les espaces à structure uniforme et sur la topologie générale* (*Act. Scient. et Ind.*, n° 551, pp. 15-16, Paris, 1937).

([4]) Ceci veut dire que chaque voisinage d'un point est aussi voisinage de l'autre point.

([5]) Toute topologie de cette classe est compatible avec au moins une structure uniforme d'espace complet. Cette propriété remarquable a été démontrée par M. Jean Dieudonné : *Sur les espaces topologiques susceptibles d'être munis d'une structure uniforme d'espace complet* (*Comptes rendus*, 209, 1939, pp. 666-668).

([6]) Un point est *fixe* pour un filtre s'il appartient à tous les ensembles du filtre; un filtre sur E est sans point fixe s'il est plus fin que le filtre des complémentaires des parties finies de E.

4. Nous avons indiqué les résultats obtenus dans l'étude de la combinaison des topologies pseudo-métrisables et métrisables sur E par rapport à l'ensemble de toutes les topologies sur E. On peut, de même, étudier la combinaison des topologies métrisables par rapport aux topologies $\mathfrak{T}_0$, $\mathfrak{T}_1$, séparées, complètement séparées, régulières, complètement régulières sur E : la plupart des résultats sont des conséquences immédiates des propositions antérieures.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les suites vérifiant certaines inégalités.* Note (1) de M. **Yaroslav Tagamlitzki**, présentée par M. Paul Montel.

Considérons la suite des nombres complexes

(1) $$a_0,\quad a_1,\quad a_2,\quad \ldots$$

et posons

$$\Delta^0 a_\nu = a_\nu,\qquad \Delta a_\nu = a_{\nu+1} - a_\nu,\qquad \Delta^{n+1} a_\nu = \Delta(\Delta^n a_\nu)\qquad (n=1, 2, \ldots).$$

Théorème. — *Si la suite* (1) *vérifie les inégalités*

(2) $$|\Delta^n a_\nu| \leqq |\Delta^n q^\nu| = q^\nu(1-q)^n \quad (\text{où } 0<q<1)\quad \textit{pour } \nu=0, 1, \ldots, n=0, 1, \ldots;$$

elle se réduit à la progression géométrique $a_\nu = Aq^\nu$, $|A| \leqq 1$.

Démonstration. — Considérons la série d'interpolation de Newton

$$\varphi(z) = a_0 + \frac{\Delta a_0}{1\,!} z + \frac{\Delta^2 a_0}{2\,!} z(z-1) + \ldots.$$

D'après les inégalités (2), elle converge uniformément dans chaque domaine borné et représente, par conséquent, une fonction entière. En vertu de

$$\Delta^n a_{k+1} = \Delta^{n-1} a_k + \Delta^n a_k,$$

on trouve par induction

$$\varphi(z) = \sum_{\nu=0}^{\infty} (-1)^\nu \frac{\Delta^\nu a_k}{\nu\,!} \frac{\Gamma(k+\nu-z)}{\Gamma(k-z)},$$

k étant un nombre entier, non négatif, quelconque. D'après les inégalités (2), on a par conséquent

$$|\varphi(z)| \leqq \frac{q^k}{|\Gamma(k-z)|} \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{(1-q)^\nu}{\nu\,!} |\Gamma(k-z+\nu)|.$$

Pour $k > x = \mathcal{R}(z)$, en vertu de

$$\Gamma(k-z+\nu) = \int_0^\infty e^{-t} t^{k-z+\nu-1}\, dt,$$

on trouve

$$|\Gamma(k-z+\nu)| \leqq \Gamma(k-x+\nu)$$

(1) Séance du 27 novembre 1946.

et, par conséquent,

$$|\varphi(z)| \leq \frac{q^k|\Gamma(k-x)|}{|\Gamma(k-z)|}\sum_{\nu=0}^{\infty}\binom{x-k}{\nu}(q-1)^\nu = \frac{q^x|\Gamma(k-x)|}{|\Gamma(k-z)|}.$$

D'autre part, on a

$$\lim_{k\to\infty}\frac{|\Gamma(k-x)|}{|\Gamma(k-z)|}=1,$$

d'où

$$|\varphi(z)| \leq q^x \quad \text{ou} \quad |\varphi(z)q^{-z}| \leq 1,$$

et, d'après un théorème connu de Liouville, il en résulte que la fonction entière $\varphi(z)q^{-z}$ est une constante. Pour des valeurs entières et non négatives du nombre n, on a

$$\varphi(n) = \sum_{\nu=0}^{n}\binom{n}{\nu}\Delta^\nu a_0 = a_n.$$

et, par conséquent, $a_n = Aq^n$, où A désigne la valeur constante de $\varphi(z)q^{-z}$.

Corollaire 1. — *Soit $f(x)$ une fonction quelconque dans l'intervalle $x > a$. Nous posons*

$$\Delta_\omega^0 f(x) = f(x), \qquad \Delta_\omega^1 f(x) = f(x+\omega) - f(x),$$
$$\Delta_\omega^{k+1} f(x) = \Delta_\omega\left(\Delta_\omega^k f(x)\right) \qquad (k=1, 2, \ldots).$$

Supposons que la fonction $f(x)$ vérifie les inégalités

$$\left|\Delta_\omega^k f(x)\right| \leq |u(x)|\left|\Delta_\omega^k q^x\right| \qquad (0 < q < 1, \omega > 0),$$

où la fonction finie $u(x)$ admet la période ω. Alors on a

$$f(x) = v(x)q^x,$$

où $v(x)$ admet la même période.

Corollaire 2. — *Supposons que la fonction $f(x)$ admette une suite illimitée de dérivées, vérifiant les conditions*

(3) $$|f_{(x)}^{(n)}| \leq e^{-x} \quad \text{pour } n = 0, 1, 2, \ldots.$$

En ce cas, on a $f(x) = A\, e^{-x}$ *avec* $|A| \leq 1$.

Démonstration. — Soit ω un nombre positif quelconque. On a

$$\left|\Delta_\omega^k f(x)\right| = \left|\int_0^\omega \cdots \int_0^\omega f^{k}(x+t_1+\ldots+t_k)\,dt_1\ldots dt_k\right|$$
$$\leq \int_0^\omega \cdots \int_0^\omega e^{-x-t_1-\ldots-t_k}\,dt_1\ldots dt_k = \left|\Delta_\omega^k e^{-x}\right|$$

et, par conséquent, $f(x) = v(x)q^x$, la fonction $v(x)$ admettant la période ω. D'autre part, la période ω étant arbitraire, $v(x)$ sera une constante.

La dernière proposition reste vraie si l'on suppose que la fonction $f(x)$

vérifie les inégalités (3) seulement pour une infinité de valeurs de n, mais qu'il existe une suite

$$x_1, \quad x_2, \quad \ldots\ldots \to x$$

telle que $\lim_{n \to \infty} f(x_n) = 0$.

En effet, il résulte d'un théorème de M. N. Obrechkoff (²) que les inégalités (3) sont vérifiées pour *toute* valeur entière et non négative de n.

ÉLECTRICITÉ. — *Nouvel appareil pour la mesure des courants continus très intenses.* Note (¹) de M. **Roger Servant**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que la mesure de l'intensité des courants continus de plusieurs milliers d'ampères nécessite des appareils spéciaux [Dietsch, Knopp, Pestarini, A. Cotton (²), B. Tsaï (³), R. Fortrat (⁴), ...], car alors les shunts associés aux ampèremètres ordinaires doivent être étalonnés sur place.

Il m'a semblé que, dans certains cas, cette mesure pourrait encore être faite d'une autre manière en utilisant l'action à distance du courant I à mesurer sur un équipage mobile de forme appropriée : Soient dans un demi plan xOz pouvant tourner autour de l'axe Oz une série de conducteurs rectilignes, serrés et équidistants C_1, C_2, ..., C_j parallèles à Oz et parcourus dans le même sens par le courant auxiliaire i (ampères). Si leur longueur z varie en raison inverse de leur distance à l'axe ($xz = k$) et s'ils sont placés dans un champ magnétique quelconque $\vec{H}$, le moment résultant des forces électromagnétiques tendant à faire tourner l'ensemble est

$$\mathfrak{M} = \frac{kij}{10l} \int_0^l H_x \, dx,$$

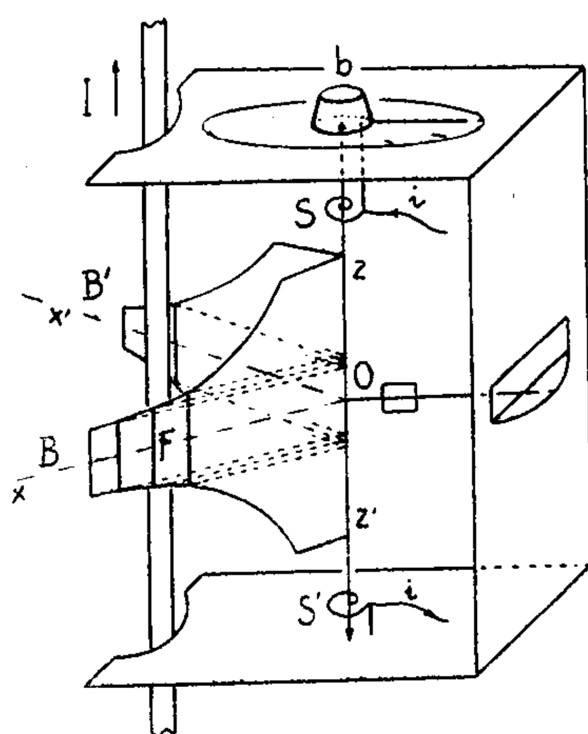
l'intégrale désignant la circulation du champ le long de Ox, de O à C_j (d'abscisse l). On peut donc par ce moyen mesurer (en plusieurs fois) la circulation totale du champ autour d'un courant I et d'après le théorème d'Ampère obtenir la valeur de ce courant.

La réalisation pratique de l'appareil est la suivante : son équipage mobile comprend deux bras plans B, B′ formant un dièdre rigide pouvant tourner autour de son arête verticale zOz'. Ces bras sont profilés suivant des arcs symétriques d'hyperboles équilatères $xz = \pm k$ sur lesquels viennent s'appuyer

(²) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 397.

(¹) Séance du 13 novembre 1946.
(²) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 820.
(³) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 850.
(⁴) *Journal de Physique*, **10**, 1939, p. 190.

(voir la figure) les angles des spires successives, à côtés horizontaux et verticaux, d'un enroulement de fil conducteur isolé appliqué sur les faces du dièdre et parcouru par le courant auxiliaire i (ampères). Les côtés verticaux de l'enroulement, groupés en faisceaux serrés et équidistants F, de n brins chacun, ont donc une longueur variant en raison inverse de leur distance à l'axe. Les côtés horizontaux n'interviennent pas. Deux ressorts spiraux S, S′ créent un couple de rappel C.θ proportionnel à l'angle d'écart et servent d'arrivée et de départ pour le courant auxiliaire i.



On dispose l'appareil de façon que ses bras soient de part et d'autre d'une portion verticale du courant I (ampères) à mesurer. Dans ces conditions, il faut, pour ramener l'équipage à sa position zéro, faire tourner le bouton de commande b des ressorts spiraux d'un angle

$$\theta = \frac{2\,knij}{10\,lC}\int_{-l}^{-l} H_x\,dx,$$

où l désigne la longueur des bras, j le nombre de faisceaux F et $\int_{-l}^{-l} H_x\,dx$ la circulation du champ magnétique créé par I le long de BOB′. Comme, d'après le théorème d'Ampère, la circulation du champ le long d'une ligne fermée entourant I est égale à $4\pi(I/10)$, on peut graduer directement l'appareil en *courants partiels* d'après

$$\theta = \frac{8\pi knij}{100\,lC}\,I_{\text{partiel}}.$$

Il en résulte le mode d'utilisation suivant : *on réalise en deux (ou plusieurs) stations un tour complet autour du conducteur, on additionne les intensités lues et on a le courant cherché.*

L'appareil est donc ce que l'on pourrait appeler un *totalisateur de courant*. Il est à sensibilité réglable, car il suffit de réduire N fois le courant auxiliaire

pour pouvoir mesurer des courants N fois plus intenses. Son étalonnage s'effectue facilement en envoyant un courant connu, même faible, dans une couronne de fil et en mesurant le courant dans l'ensemble. Il est important, pour réduire l'encombrement, de diminuer la hauteur des branches BB' au voisinage de l'axe en remarquant que l'on peut réduire K fois la longueur d'un conducteur F à condition de multiplier par K le nombre de ses brins.

Dans le modèle que j'ai réalisé, la longueur des bras est de 10^{cm} et $kn = 100$. Le courant auxiliaire peut varier de 10 à 200 milliampères. Il est fourni par une boîte d'alimentation comprenant une pile sèche, un milliampèremètre à plusieurs sensibilités et des rhéostats réglables. Les lectures peuvent être faites dans les deux sens en inversant le courant auxiliaire. L'appareil permet de mesurer facilement, au centième près, les courants allant de 200 à 8000 ampères.

OPTIQUE. — *Les deux types de biréfringence.*
Note de M. **Marc Barbaron**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans le domaine d'influence d'une bande d'absorption, la biréfringence peut être due à une dissymétrie soit de position, soit d'intensité des composantes de la bande d'absorption pour les deux sortes de vibrations que le milieu peut transmettre sans les déformer.

Les deux cas correspondent à une inégalité des valeurs de ν_0 ou de k dans la formule de dispersion de Lorentz-Lorenz $R = (n^2 - 1)/(n^2 + 2) = k/(\nu_0^2 - \nu^2)$ appliquée aux deux indices. Ils se traduisent soit par la constance de $1/R_1 - 1/R_2$, soit par celle de R_1/R_2.

Montrons qu'il en découle deux types de dispersion et que toutes les sortes de biréfringence se ramènent probablement à ces deux cas.

Remarquons que $R_2 - R_1 = 2Bn/(n^2 + 2)^2$, où B est la biréfringence. Mais le facteur $(n^2 + 2)^2/n$ n'a qu'une importance relative très négligeable (1) sur la dispersion.

Premier cas. — Dissymétrie de position : on trouve très sensiblement

$$R_2 - R_1 = k \frac{\nu_1^2 - \nu_2^2}{(\nu_0^2 - \nu^2)^2} \quad \text{et} \quad \boxed{B = \frac{K}{(\nu_0^2 - \nu^2)^2} \frac{(n^2 + 2)^2}{n}},$$

où ν_0 et n représentent des valeurs moyennes.

Cette quantité est bien proportionnelle à $(n^2 - 1)^2/n$, comme T. H. Havelock l'a montré dans sa théorie (2). On peut donc dire que cette théorie concerne des biréfringences par dissymétrie de position.

(1) R. Servant, *J. de Physique*, 4, 1943, p. 112.
(2) *Proceedings of Roy. Soc. London*, 80 A, 1908, p. 28.

Deuxième cas. — Dissymétrie d'intensité. On trouve

$$B_2 - B_1 = \frac{k_2 - k_1}{\nu_0^2 - \nu^2}.$$

D'où pour l'expression de la dispersion de cette deuxième sorte de biréfringence

$$\boxed{B = \frac{K'}{\nu_0^2 - \nu^2}\,\frac{(n^2+2)^2}{n}.}$$

C'est une formule de ce type que R. Servant ([3]) a trouvée et vérifiée pour les effets de Kerr et Cotton-Mouton. (On sait que l'orientation des molécules peut être considérée comme une cristallisation uniaxe partielle.)

En biréfringence circulaire, les résultats sont très analogues. On sait que la théorie et l'expérience distinguent deux sortes de biréfringences circulaires : une diamagnétique en $[\nu/(\nu_0^2 - \nu^2)^2]\,[(n^2+2)^2/n]$, et une paramagnétique (J. Becquerel et Ladenburg) en $[\nu/(\nu_0^2 - \nu^2)]\,[(n^2+2)^2/n]$, correspondant ainsi à des dissymétries de position et d'intensité.

De l'allure de la dispersion de biréfringence dans la zone d'influence d'une bande d'absorption, on peut donc déduire la nature de la cause de la biréfringence.

Toutefois il peut arriver qu'il soit nécessaire de tenir compte de plusieurs groupes de bandes d'absorption en utilisant des formules à plusieurs termes et les deux types de biréfringences peuvent coexister.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur une mesure du nombre des quanta émis par désintégration β du vanadium* 52. Note ([1]) de M. **André Renard**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans un travail précédent sur le vanadium 52, Martelly ([1]) a trouvé par une numération simultanée des rayons β et des rayons γ, que chaque désintégration β était accompagnée de 0,36 quantum. Ce résultat ne pouvant s'accorder que difficilement avec la forme simple du spectre β ([2]), nous avons repris, par la méthode des coïncidences, la mesure du nombre de quanta émis par désintégration β.

Deux compteurs, l'un en Al de $0^{mm},1$ d'épaisseur destiné à la numération des rayons β, l'autre en Cu de $1^{mm},2$ d'épaisseur destiné à la numération des rayons γ, sont placés de part et d'autre de la source. Ils sont reliés à un amplificateur à coïncidences dont le pouvoir de résolution est de $1,2 \pm 0,1 \cdot 10^{-6}$ sec. On compte

([3]) *Loc. cit.*, p. 105.

([1]) Séance du 18 novembre 1946.

([2]) *Thèse*, Paris, 1945 (sous presse).

simultanément : les rayons β à l'aide d'une échelle de 10 type Berthelot ([3]), et

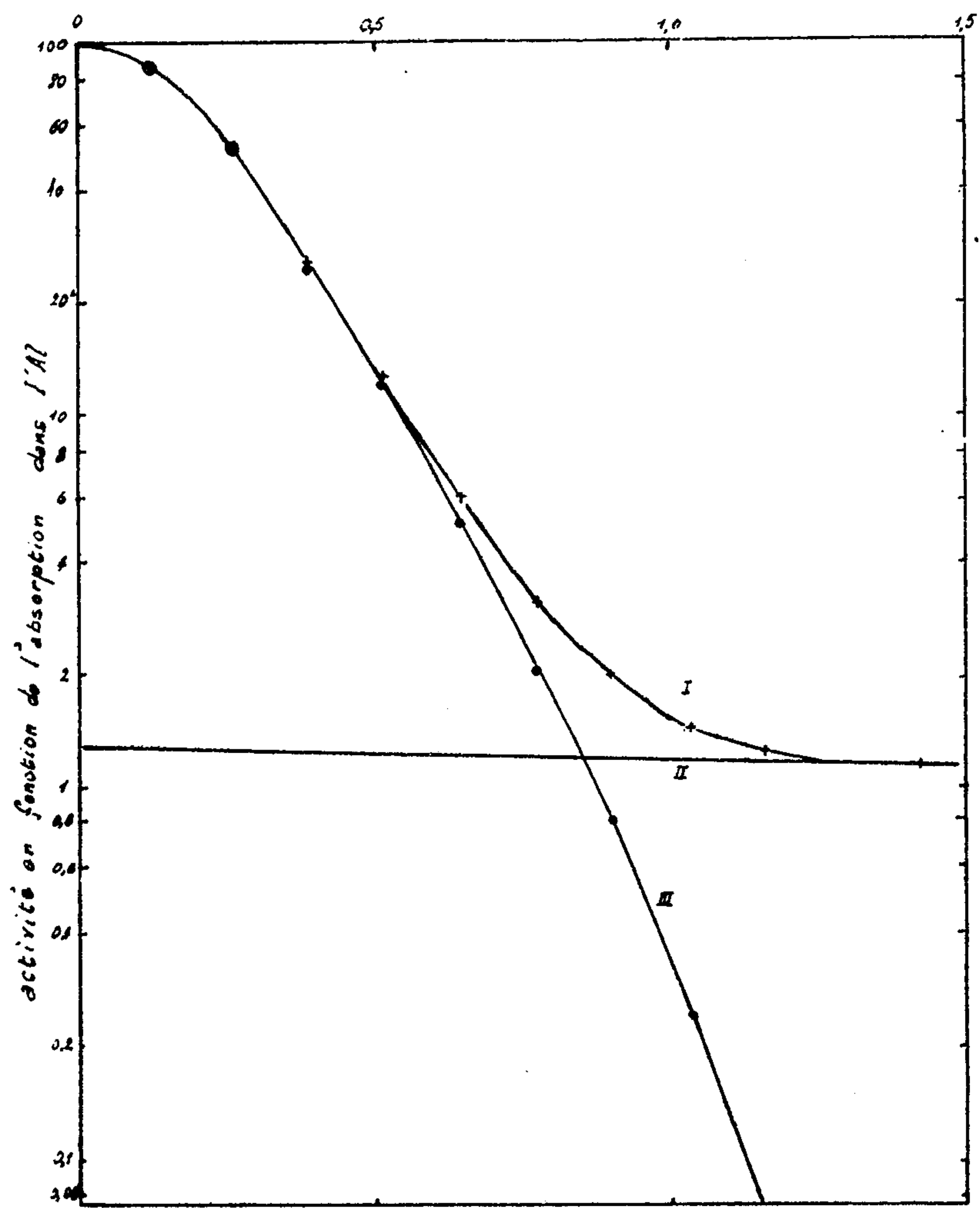


Fig. 1.

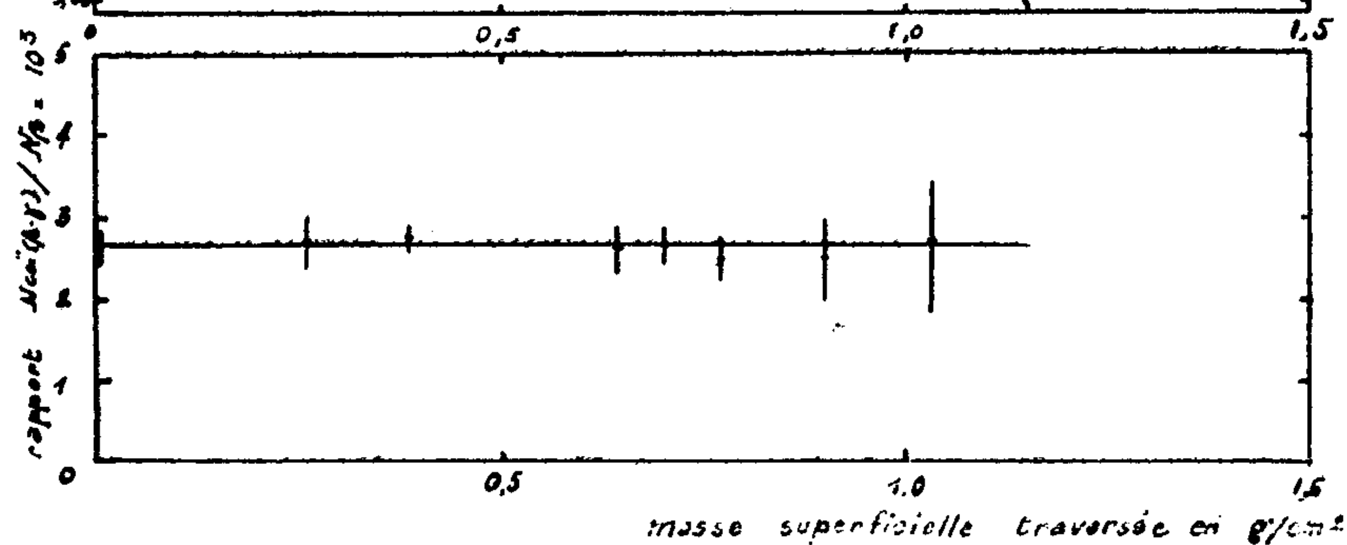


Fig. 2.

les coïncidences à l'aide d'un amplificateur simple. Les pertes de numération ont toujours été négligeables dans les conditions d'utilisation. La source

([3]) Mlle Yuasa, *Thèse*, Paris, 1944.

constituée par de l'oxyde de vanadium V_2O_5 déposé en couche mince sur une pellicule d'acétate de cellulose d'une épaisseur de l'ordre de 10^{μ}, est supportée par un cadre de plexiglass. La source est irradiée au cyclotron du Collège de France pendant 10 minutes. Nous avons vérifié la non activation du support dans ces conditions. Les mesures de l'activité effectuées pendant des durées d'une quinzaine de périodes chacune ont donné une période de $3,72 \pm 0,05$ min. en accord avec les mesures de Martelly [1] ($3,74 \times 0,01$ min.). Ces mesures constituent un critère suffisant de pureté.

Dans une première série de mesures, nous avons établi la courbe d'absorption du rayonnement β dans l'aluminium (*fig.* 1). La période du V 52 étant brève, chaque activation ne permettait que la mesure de l'activité avec un écran déterminé, et celle sans écran prise comme mesure de référence. Dans une seconde série d'expériences, nous avons dénombré simultanément les rayons β et les coïncidences $\beta - \gamma$ en interposant différents écrans entre la source et le compteur à particules β. Du nombre de coïncidences observées nous déduisons les coïncidences fortuites, et du nombre de rayons β dénombrés la part due aux rayons γ produits par effet Compton dans l'absorbant. Nous avons construit la courbe représentant le rapport du nombre de coïncidences $\beta - \gamma$ au nombre de rayons β en fonction de la masse superficielle de matière traversée (*fig.* 2).

Cette courbe est horizontale; chaque rayon β des différentes parties du spectre étudié est donc lié à un nombre constant de rayons γ, ce qui prouve que le spectre d'énergie des rayons β est simple.

Dans une troisième série de mesures, nous avons essayé d'obtenir des coïncidences $\gamma\gamma$. L'absence de telles coïncidences montre que chaque désintégration β de V 52 est accompagnée de l'émission d'un seul photon.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur la méthode des diagrammes moléculaires.*

Note de Mme **Pascaline Daudel**.

Le calcul direct de la répartition des électrons π dans une double liaison [1] montre qu'il y a lieu de modifier le langage actuellement utilisé dans la méthode des diagrammes moléculaires [2].

Soit s_i le poids de chaque formule représentant une molécule donnée et possédant une double liaison entre l'atome l et l'atome m, par exemple, nous

(4) *J. Phys. et Rad.*, août 1946.

(1) Travaux non publiés de P. et R. Daudel, R. Jacques, M. Jean et Kjellberg.

(2) R. Daudel et A. Pullman, *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 888-889; **221**, 1945, pp. 201-202.

proposons d'appeler : *indice de liaison π entre l et m* la quantité $I_{lm}=\sum_i s_i$ et *indice total de liaison* (³) la quantité $T_{lm}=1+I_{lm}$.

Soit s_j le poids de chaque formule, j représentant la même molécule et possédant une grande liaison aboutissant à l'atome l, nous nommerons *indice de valence libre* (⁴) la quantité

$$J_l=\sum_j s_j.$$

Il est facile de voir que pour une molécule représentée par les formules purement homopolaires, on a :

$$J_l+\sum_m I_{lm}=1.$$

Nous appellerons désormais *diagrammes moléculaires des indices* ou plus simplement *diagrammes des indices* les diagrammes représentant numériquement ou symboliquement les grandeurs précédemment définies.

Il est facile de voir, en utilisant la méthode de la mésomérie pour l'étude dynamique de la formation des complexes intermédiaires prenant naissance au cours des réactions chimiques, que ces diagrammes doivent pouvoir rendre particulièrement service dans l'étude des réactions où le processus de réaction par *covalence* est important.

Ces diagrammes peuvent d'ailleurs servir d'intermédiaires dans la construction de diagrammes représentant effectivement la répartition de la charge électronique des molécules. Nous appellerons ceux-ci *diagrammes moléculaires des charges*, ou plus simplement *diagrammes des charges*.

Ces derniers diagrammes, qu'il y a lieu de ne pas confondre avec les diagrammes des indices, sont particulièrement utiles dans l'étude des réactions où le processus de réaction par *électrovalence* est important.

L'emploi simultané des deux types de diagrammes semble nécessaire dans le cas général et particulièrement dans l'étude des hétéroatomes, des substituants et des propriétés physiologiques des molécules.

En chaque point d'une molécule, l'état du nuage électronique se trouve ainsi caractérisé par trois grandeurs : la densité de charge caractérisant la présence, l'indice de liaison caractérisant le couplage et l'indice de valence libre caractérisant le découplage.

(³) Ces grandeurs correspondent dans le cadre de la mésomérie aux grandeurs définies par Coulson à l'aide de la méthode des orbites moléculaires.

(⁴) Le choix de ce terme a été fait à la suite d'une discussion avec C. A. Coulson.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action des impuretés sur les transformations allotropiques du cérium métallique.* Note (¹) de MM. **Félix Trombe** et **Marc Foëx**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons montré dans des travaux précédents (²), (³), (⁴), (⁵), (⁶) l'existence de trois états allotropiques (α, β, γ) du cérium métallique. L'état β, moins dense que l'état γ, est stable à la température ordinaire; il se forme par un refroidissement extrêmement lent entre +150°C. et —100°C. Au-dessus de +150°C. existe l'état γ qui reste pratiquement stable (plusieurs années) à la température ordinaire, si le refroidissement est effectué rapidement sur un métal pur ou contenant seulement de faibles teneurs de fer ou de silicium.

La présence de 1 % de magnésium, ainsi que l'a montré Françoise Mahn (⁷), provoque l'évolution rapide de la forme γ vers la forme β.

L'état α, stable à basse température, est caractérisé en particulier par une très forte contraction (10,3 % en volume); il est obtenu exclusivement à partir de la forme γ. Les variations de volume qui accompagnent les transformations $\gamma \to \alpha$(—164°C.) et $\alpha \to \gamma$(—98°C.) permettent de doser la teneur du métal en forme γ.

L'existence de l'état α, indiquée par l'un de nous en 1934 (²) et vérifiée par W. Klemm et H. Bommer en 1937 (⁸), n'a pu être retrouvée par d'autres auteurs (⁹) dans leurs recherches à basse température sur les propriétés magnétiques de cériums industriels.

Nous nous sommes proposé de vérifier la stabilité de l'état α sur un cérium industriel ayant la composition suivante :

	Ce	Fe	Ca	Al	Mg, C, Pr
%..........	99,8	0,22	0,15	0,08	traces

L'étude à basse température d'une tige découpée dans le lingot initial montre l'absence presque totale de transformation à basse température (état β). Cette baguette chauffée se transforme en état γ à une température supérieure (250° C.) à celle que nous avions observée sur le métal pur (135° C.).

(¹) Séance du 27 novembre 1946.

(²) F. Trombe, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1591; *Ann. Chim.*, 11ᵉ série, **6**, 1936, p. 1.

(³) F. Trombe et M. Foëx, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 501; *Ann. Chim.*, 11ᵉ série, **19**, 1936, p. 417.

(⁴) F. Trombe, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 96.

(⁵) M. Foëx, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 117.

(⁶) C. Henry La Blanchetais, *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 313 et 392.

(⁷) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 78.

(⁸) *Z. anorg. Chem.*, **231**, 1937, p. 163.

(⁹) L. F. Werrschtschagin, L. W. Schunikow et B. G. Lazarew, *Phys. Z. Sowjetunion*, **10**, 1936, p. 618; C. Starr et A. R. Kaufmann, *Phys. Rev.*, **58**, 1940, p. 657.

Quatre échantillons A, A′ et B, B′ du cérium précédent sont refroidis à partir de 300° C., les uns (A, A′) très rapidement, les autres (B, B′) à une vitesse de 200° heure. On observe par analyse dilatométrique, à basse température, les résultats suivants :

	Température descendante (°C.). Transf. $\gamma \rightarrow \beta$ (expansion).	Température descendante (°C.). Transf. $\gamma \rightarrow \alpha$* (contraction).	Temp. ascendante (°C.). Transf. $\alpha \rightarrow \gamma$* (expansion).	Différence entre le vol. initial et le vol. final. Transf. $\gamma \rightarrow \beta$ (%).	État initial.	État final.	Observ.
			Étude immédiate.				
A.	Non apparente	−190 à −195 (8 % en vol.)	−128	0,02	γ	γ	(*a*)
B.	Légère entre −30 et −70	−190 à −195 (4 % en vol.)	−121	0,54	γ	env. 60 % β, 40 % γ	(*b*)
			Étude après 5 mois à la température ambiante.				
A′.	Nette entre −20 et −70	−190 à −195 (1,5 % en vol.)	−123	0,90	γ (+ faible quantité de β)	β (+ faible quantité de γ)	(*c*)
B′.	Nette entre −50 et −100	−190 à −195 (0,3 % en vol.)	−123	0,48	env. 50 % γ + 50 % β	β	(*d*)
			Échantillon provenant du lingot brut de fonderie.				
	Non apparente	−190 à −195 (0,3 % en vol.)	−124	Non appar.	β	β	(*e*)

* Les températures indiquées pour les anomalies de dilatation ($\gamma \rightarrow \alpha$ et $\alpha \rightarrow \gamma$) correspondent à la vitesse de transformation maximum.

Observations. — (*a*) Stabilité apparente de l'état γ. — (*b*) Transformation partielle de γ en β (60 % environ). — (*c*) Transformation presque complète de γ en β. — (*d*) La transformation $\gamma \rightarrow \beta$ déjà commencée spontanément à la température ambiante se termine lors du traitement à basse température. — (*e*) L'échantillon est déjà avant refroidissement à l'état β.

Ainsi, pour le cérium étudié, la limite supérieure d'existence de la forme β se situe à une température (+ 250°C.) plus élevée que pour le métal pur (+ 135°C.). Cette forme est aussi bien plus facile à obtenir; on observe même l'évolution *spontanée* en quelques mois vers l'état β dans une lingotière. La présence de calcium, dont le volume atomique (26) relativement voisin de celui du cérium (20,8) permet la formation de solutions solides, semble favoriser, comme le magnésium (V. A. 14), l'évolution vers l'état β. Le fer (V. A. 7,1) et l'aluminium (V. A. 10) paraissent agir beaucoup moins.

Ces résultats expliquent les divergences observées par les auteurs précédents, les uns étudiant un cérium transformé spontanément en β, les autres retrouvant, à partir de la forme γ conservée totalement ou partiellement, les anomalies de basse température.

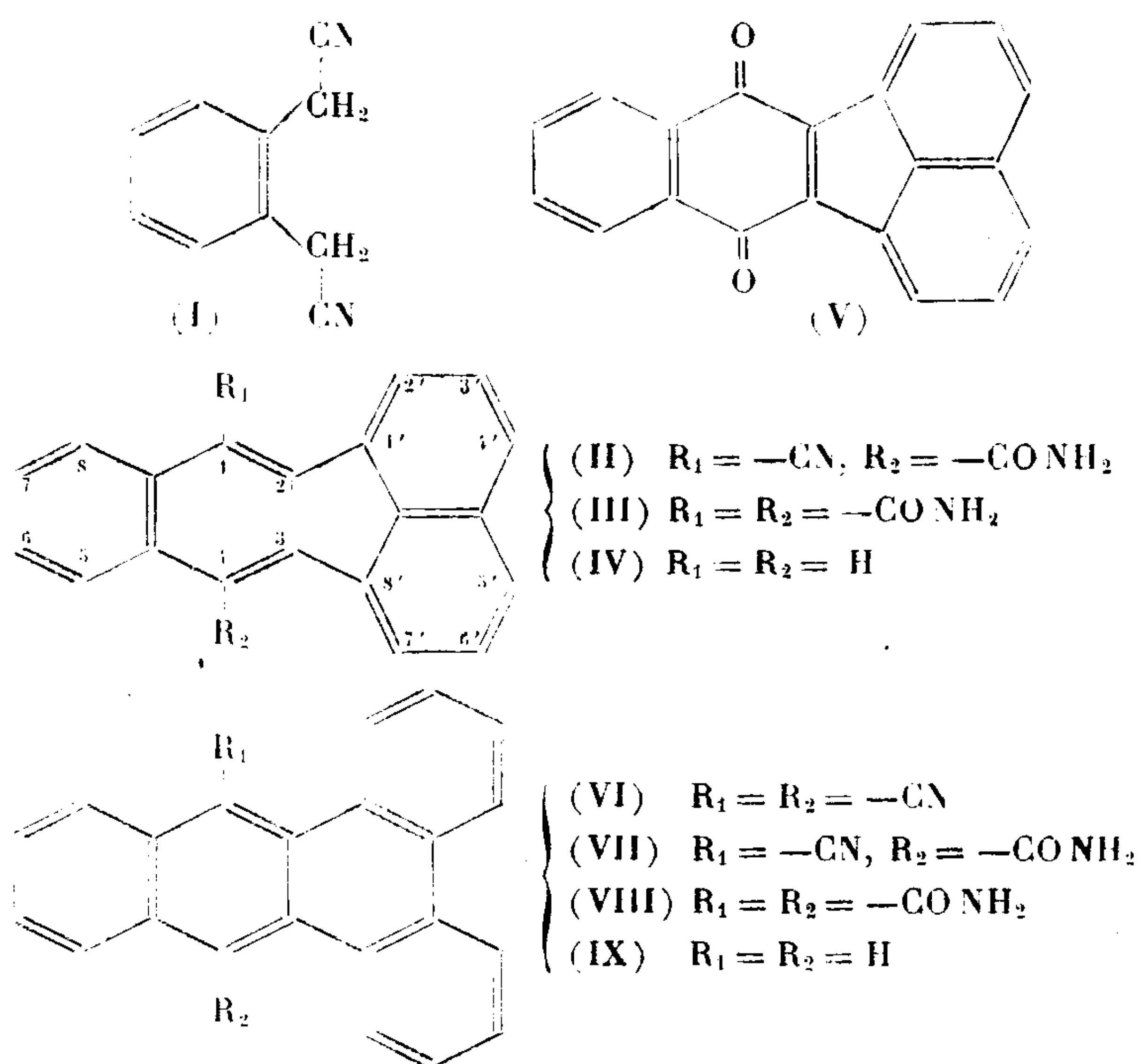
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouvel hydrocarbure polynucléaire, le dinaphtylène*-2.3.1'.8'. Note de MM. **Henri Moureu**, **Paul Chovin** et **Georges Rivoal**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les deux groupes méthyléniques du dinitrile de l'acide *o*-phénylènediacétique (I) se condensent facilement sur les dicétones-α et les *o*-quinones pour donner naissance à des systèmes polycycliques plus ou moins condensés. Nous avons fait connaître récemment quelques squelettes nouveaux résultant de cette réaction (¹); en particulier nous avons montré qu'avec l'acénaphtène quinone il se formait le dérivé (II), caractérisé comme étant le nitrile-amide de l'acide dinaphtylène-2.3.1'.8'-dicarboxylique-1.4.

La présente Note a pour objet de décrire l'hydrocarbure fondamental luimême ou dinaphtylène-2.3.1'.8' [(IV) : $R_1 = R_2 = H$] et quelques-uns de ses dérivés, tous composés encore inconnus à ce jour.

1° *Hydrolyse du nitrile-amide* (II). — Le nitrile-amide (II), sous l'action d'une solution de potasse alcoolique à 10 % donne naissance, par hydrolyse, au diamide (III) ($R_1 = R_2 = -CONH_2$) avec un rendement de 74 %.

Le diamide (F 417°) se présente en cristaux très faiblement colorés en jaune, qui se dissolvent dans l'acide sulfurique concentré tiède en donnant une solution jaune virant lentement au bleu à froid, pour s'éclaircir de nouveau quand on chauffe.



(¹) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 13, 1946, p. 106.

2° *Hydrolyse du diamide* (III). *Obtention de l'hydrocarbure* (IV). — Seule, la méthode de Berger et Olivier ([2]), qui consiste à traiter à chaud un amide par de l'acide phosphorique à 100 %, a donné des résultats aisément interprétables par l'obtention d'un corps pur. Dans le cas présent, au lieu du diacide attendu, c'est le carbure qui s'est formé, par suite d'une décarboxylation qui n'a pu être évitée.

Le rendement de la transformation est variable selon les conditions opératoires. Si l'on part du diamide soigneusement purifié, il est médiocre et ne dépasse pas 15 %. Mais, si l'on s'adresse au diamide brut résultant de l'hydrolyse du nitrile-amide, souillé par de la silice provenant de l'attaque du verre, le rendement s'élève jusqu'à atteindre 90 % dans les cas les plus favorables. On obtient donc ainsi le dinaphtylène avec un rendement global d'au moins 43 % à partir de l'acénaphtènequinone.

Les cristaux de carbure (F 215°,5-216°) sont jaune pâle; exposés aux rayons ultraviolets, ils présentent une fluorescence jaune vert; leurs solutions diluées ont une fluorescence bleu intense. Le carbure se dissout en jaune vert dans l'acide sulfurique concentré tiède et il donne un picrate instable, en aiguilles rouges fondant à 160°.

3° *Dinaphtylènequinone* (V). — Par oxydation chromique en milieu acétique, le carbure précédent se transforme en une dinaphtylènequinone, en cristaux rouges, fondant à 221-223°, qui se dissolvent dans l'acide sulfurique concentré en donnant une solution bleue virant au violet puis au brun.

4° *Application de ces réactions à l'obtention du dibenzanthracène*-1.2.3.4. — Le dinitrile (VI) et le nitrile-amide (VII), obtenus précédemment ([1]) par condensation du dinitrile *o*-phénylènediacétique sur la phénanthrènequinone, donnent tous deux par hydrolyse alcaline un diamide (VIII) en cristaux blancs fondant à 396°. Ce diamide, traité par l'acide phosphorique à 100 %, donne le dibenzanthracène (IX), identifié par son point de fusion (200°), celui de son picrate (206°), et par la coloration rouge violacé qui se développe en milieu sulfurique concentré ([3]).

En résumé, on se trouve là en présence d'une méthode qui permet l'obtention d'hydrocarbures polynucléaires plus ou moins condensés.

Nous nous réservons de l'appliquer aux squelettes obtenus précédemment.

([2]) *Rec. Travaux Chim. Pays-Bas*, 46, 1927, p. 600.

([3]) W.-E. Bachmann, *J. Am. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 1363.

GÉOLOGIE. — *Sur les* cone-in-cone *et les* septaria.
Note [1] de M. **Marcel-E. Denaeyer**.

Dès 1939, mon attention fut attirée par les relations qui semblent exister entre la structure *cone-in-cone* et les nodules appelés *septaria* à la périphérie desquels cette structure est parfois bien développée [2].

Interrompues pendant la guerre, mes recherches sur le terrain à ce sujet ne purent être reprises qu'en 1945. Elles me conduisirent à visiter de nombreux gisements de *cone-in-cone in situ,* notamment en Lorraine, en Angleterre et en Écosse.

Tous les gisements de ces contrées se situent, sans exception, aux flancs d'anticlinaux de très faible amplitude. A première vue, rien ne semblait donc infirmer mon hypothèse de travail de 1939, précisée en 1945 [3], suivant laquelle les forces de traction responsables de la structure *cone-in-cone* auraient pour cause des déformations tectoniques différentielles des couches géologiques.

Toutefois, l'observation détaillée des gisements liasiques m'inclinait à penser que la seconde partie de cette proposition devait être abandonnée, au moins en ce qui concerne les nodules isolés, à cœur de *septaria* et enveloppe de *cone-in-cone,* auxquels elle ne semble pas applicable.

Parmi les causes propres à engendrer lesdites *forces de traction* (qui ne peuvent être mises en cause quoi qu'on en ait dit), je crois qu'il y aura lieu de faire appel, en ordre principal : 1° à la *variation du volume* des nodules en voie de concrétion, généralement invoquée pour expliquer la fissuration des septaria, et 2° à l'*adhérence* des nodules aux strates encaissantes, facteur qui intervient déjà dans ma théorie mécanique de la structure *cone-in-cone.*

C'est ce que j'avais suggéré dans ma Communication de 1942 [2].

La validité de cette nouvelle hypothèse de travail sera éprouvée notamment par des observations micrographiques. Je n'en aurais pas fait état dès à présent, si M. A. Bonte n'avait exprimé, tout récemment, l'opinion que les nodules à structure *cone-in-cone* « sont d'anciennes concrétions, du même type que les *septaria* » [4]. Sur ce point particulier, nos manières de voir sont concordantes, mais elles restent foncièrement opposées quant à leur point de départ.

Dans l'édification de la structure *cone-in-cone,* M. Bonte fait jouer à la matière organique en putréfaction un rôle chimique de premier plan, alors que celle-ci n'intervient, à mon sens, qu'en tant que constituant du liant ferro-

(1) Séance du 27 novembre 1946.
(2) *Bull. Soc. Belge de Géol.*, 53, 1943, p. 239 (Communication du 20-1-42).
(3) *Comptes rendus,* 208, 1939, p. 2004; *Bull. Soc. Géol. France,* 5e série, 15, 1945, p. 145.
(4) *Bull. Soc. Géol. de France,* 5e série, 15, 1945, p. 476.

humique des vases plastiques originelles, dont la déformation conique subséquente est d'origine purement mécanique.

Je note cependant que M. Bonte fait maintenant appel au facteur mécanique pour expliquer le déboîtement des cônes et la genèse de leurs gradins, au cours d'un second stade de l'évolution de la structure ([5]). Il semble ainsi, à son tour, se rallier à mon opinion, sur un autre point. Mais je ne puis le suivre dans l'explication (expulsion, altération) qu'il propose à ce sujet.

Je me bornerai à rétablir un seul fait dans sa vérité première. Il a trait au remplissage des gradins. M. Bonte y voit un remplissage secondaire. Cette interprétation est absolument incompatible avec les détails de structure et l'évolution morphologique des films phylliteux enveloppant les cônes composés, décrits dans mes travaux. Le fait est d'importance, car c'est en lui que réside la preuve déterminante de la théorie mécanique de la traction.

Sans aucun doute possible, la matière de ces films fait partie intégrante du sédiment primitif non déformé coniquement. On la retrouve avec les mêmes caractères minéralogiques, en filets légèrement ondulés parallèles à la stratification ou bien dispersée dans les zones indifférenciées des nodules.

D'une manière générale, les interprétations de M. Bonte négligent maints faits de pure observation que j'ai publiés. Toutefois, je m'abstiendrai d'opposer maintenant, aux objections généralement négatives qu'il a élevées contre ma théorie, d'autres objections qui ne feraient que refléter, comme les siennes, l'incompatibilité de nos points de départ. Je me réserve de le faire à l'occasion des nouvelles observations objectives que je me propose de publier prochainement.

GÉOLOGIE. — *Le Crétacé entre le Mont Mounier et la Cime de Pal (Alpes-Maritimes)*. Note ([1]) de M. **Paul Fallot** et M[lle] **Anne Faure-Muret**, présentée par M. Charles Jacob.

La Feuille Saint-Martin-Vésubie de la Carte géologique au 1/80 000 figure toute la ligne de crêtes entre le Mont Mounier et la Cime de Pal, par Rocca Maire, le Mont Rognoso et le Mont Triboulet, comme formée uniquement de Crétacé inférieur. Pour expliquer la grande puissance apparente de cette série, de Rocca Maire au Mont Rognoso, M. L. Bertrand en fait le front d'un anticlinal couché vers le Sud-Ouest ([2]). Le Crétacé supérieur, absent de ces parages, régnerait par contre au Sud-Ouest et au Nord-Ouest, où il fut défini par ses faciès, faute de fossiles. .

Dans l'Est, au Mounier, la série crétacée paraît en effet réduite à son terme

([5]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 507.

([1]) Séance du 27 novembre 1946.

([2]) *Bull. Service Carte géol. de Fr.*, n° 59, 9, 1896, Pl. II, fig. 6-8.

inférieur. Un fragment de *Pseudothurmannia* cf. *Feraudi* provenant des abords du refuge pourrait, d'après l'un de nous ([3]), tout au plus dater le Barrémien. L'ensemble Valanginien-Barrémien totalise ici plus de 200^{m}.

Mais plus au Nord-Ouest, contrairement à ce qui était admis jusqu'ici, le Crétacé se complète vers le haut.

Si l'on fait la coupe de la crête de Rocca Maire en venant du Nord, on trouve sur le Tithonique, du Néocomien à *Aptychus* et Bélemnites, pendant faiblement au Sud-Ouest et réduit à moins de 100^{m}. Lui faisant suite, de Rocca Maire jusqu'au Triboulet et à la Cime de Pal, nous avons reconnu les formations ci-après :

Vers le bas des versants règnent des marnes et marno-calcaires noirs, puissants vers le Triboulet, où ils se différencient mal du Crétacé inférieur, plus réduits et riches en intercalations calcaires vers Rocca Maire. Ces formations sont stériles sauf en un banc qui affleure au pied Est du Triboulet, dans le ravin de Mouinière, et au Sud du Col de Pal (abords de la cote 2327). Cette assise un peu marno-sableuse et de patine roussâtre nous a fourni de mauvaises empreintes d'Ammonites : *Mortoniceras* ou *Pervinquieria* indéterminables spécifiquement, mais qui suffisent à lui fixer un âge albien ou cénomanien inférieur. Les marnes et marno-calcaires du Col de Pal, immédiatement subordonnés à cet horizon doivent donc être rangés dans le Crétacé inférieur et non dans l'Oxfordien.

Sur les marnes et marno-calcaires noirs reposent des calcaires lités, stériles, à minces délits marneux, épais de 150^{m} environ, et qui constituent, faiblement gauchis ou pendant légèrement au Sud-Ouest, les parties les plus escarpées du Triboulet, de la Cime de Barrières et de la crête Rognoso-Rocca Maire. Nous les attribuons au Cénomanien-Turonien parce que, à leur partie supérieure, viennent des bancs plus durs et plus épais qui, sur 50 à 60^{m}, nous ont fourni des Inocérames que Mlle Déchaseaux a bien voulu examiner et qu'elle rapporte à *I. inconstans* Woods, du Sénonien.

Au Nord du Col de Pal, dans un contrefort de la Cime de Pal, la présence de *Inoceramus undulato-plicatus* Roem. var *digitatus* Schl. date même exactement le Santonien, horizon qui se retrouve avec le même fossile dans les massifs du Rognoso et de la Cime de Barrières.

Les couches à *Inoceramus inconstans* faisant suite à ce niveau, admettent vers leur sommet un horizon à Échinides très écrasés, indéterminables, mais fournisant un repère utile.

Le Sénonien, où nous n'avons trouvé, par ailleurs, que de rares Rosalines, se termine par un conglomérat à patine jaune, puissant de 6 à 30^{m}, qui n'est pas constant et paraît notamment manquer vers le Nord-Est. Partout où il existe, il est surmonté directement par le Nummulitique.

Ce conglomérat est variable et composite. Selon les lits, il comporte des cailloux bien roulés de 5 à 15^{cm} de diamètre, ou des blocs anguleux qui peuvent atteindre 40 à 50^{cm}. Ses éléments, tous calcaires, sont pour partie empruntés au Crétacé; d'autres, sont sans doute plus anciens, mais nous n'avons pu préciser l'origine d'aucun d'eux. Sa teinte est due à des calcaires sombres qui se patinent en kaki. L'âge en est incertain. Son ciment ne nous a révélé aucun Foraminifère malgré de minutieuses recherches. Nous serions tentés d'y voir plutôt la fin de la série crétacée que la base du Nummulitique.

La découverte d'horizons fossilifères permet, pour la première fois, de dater objectivement dans ces parages des formations du Crétacé moyen et supérieur.

([3]) A. Faure-Muret, *C. R. Somm. Soc. Géol. de Fr.*, n° **15**, 1943, pp. 194-195.

Elle établit l'âge néocomien des marnes du Col de Pal, jadis tenues pour oxfordiennes. Elle montre que les massifs étendus de Rocca Maire au Triboulet, loin d'être formés de Néocomien, sont constitués par une série normale, peu plissée, comportant un Crétacé complet, du Néoconien au Sénonien. De Rocca Maire au Rognoso, ce Sénonien est couronné par le Nummulitique, jadis confondu lui aussi avec le Crétacé inférieur.

PALÉOBOTANIQUE. — *L'évolution forestière post-glaciaire dans le massif du Mézenc (Haute-Loire).* Note ([1]) de M. **Georges Lemée**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le massif volcanique du Mézenc porte quelques tourbières qui m'ont permis de reconstituer son passé forestier au moyen de l'analyse pollinique. Les tourbières étudiées sont situées aux environs de Fay-sur-Lignon, à des altitudes de 1100 à 1250^{m}, la plus importante couvrant 30 hectares sur les pentes inférieures du cirque de Chaudeyroles. Les phases forestières suivantes ont été observées :

1° *Phase à Pins,* avec Bouleau et Saule rare, Chêne toujours présent en proportion notable (jusqu'à 30 %); quelques pollens de Noisetier au sommet.

2° *Phase du Noisetier et de la chênaie-mixte,* au cours de laquelle apparaissent l'Orme et le Tilleul, puis l'Aulne, enfin le Hêtre et le Sapin; on distingue un premier épisode à Pin encore abondant, un second caractérisé par le maximum très accentué du Noisetier, et un épisode terminal où le Sapin et le Hêtre sont déjà en proportion non négligeable de 20 % au total.

3° *Phase du Sapin :* cette essence est nettement prédominante et a boisé jusqu'aux tourbières elles-mêmes; Chêne, Pin, Hêtre et Noisetier sont très rares; le Bouleau est assez abondant à Chaudeyroles, l'Aulne aux Vastres.

4° *Phase à Chêne, Pin et Sapin :* les fluctuations polliniques du Chêne et du Pin permettent d'y distinguer 4 épisodes que l'on retrouve constamment dans les niveaux supérieurs de toutes les tourbières du Mézenc, la prédominance pollinique appartenant d'abord au Chêne, puis au Pin, puis à nouveau au Chêne, enfin actuellement au Pin. Le Sapin, encore abondant au cours des deux premiers épisodes, se raréfie beaucoup au troisième, pour progresser à nouveau au dernier. Le Hêtre reste très rare, sauf aux Vastres, la tourbière la plus septentrionale. J'ai montré ailleurs ([2]) que cette prédominance, aux époques récentes, des pollens très anémophiles de Chêne et de Pin en plein étage du Hêtre-Sapin et au-dessus, indique un déboisement intense. Cette hypothèse est ici confirmée par la nature des sédiments tourbeux : au cours des phases précédentes, la tourbe accumulée est fortement humifiée, assez pure,

([1]) Séance du 27 novembre 1946.

([2]) *Rev. Sc. nat. d'Auvergne,* 8, 1942, pp. 84-125.

riche en bois et spores de Filicales ; dès le début de la phase à Chêne et Pin, il se forme une tourbe très peu décomposée à Carex et Hypnacées, en même temps que les pollens de Cypéracées, Graminées, Ericacées remplacent les spores de Filicales, et que les particules minérales deviennent abondantes. Dans la dépression de Chaudeyrocles on observe même, à des niveaux variables et jusqu'en surface, des lits de sable et de gravier arrachés aux pentes voisines par le ruissellement. Cette déforestation est due, comme dans toutes les montagnes du Massif Central, au grand développement de l'économie pastorale. Elle a été maximum au cours du troisième épisode, où le Sapin et le Hêtre sont le plus effacés ; actuellement, la recrudescence du pollen de ces deux espèces et l'apparition de celui d'Épicéa traduisent l'effort de reboisement fait dans la région. L'interprétation de la double succession Chêne-Sapin est plus délicate, la documentation archéologique et historique étant insuffisante.

Cette histoire forestière présente, dans ses grands traits, les étapes observées partout ailleurs dans le Massif Central. Cependant le massif du Mézenc offre les particularités observées déjà ([3]) dans les massifs méridionaux du Plateau Central : présence du Chêne en quantité notable dès la période climatique préboréale, faible proportion du Tilleul dans la chênaie-mixte, proportion du Pin dans la chênaie-mixte et la sapinière constamment plus élevée que dans les massifs plus septentrionaux, établissement plus progressif de la hêtraie-sapinière aux dépens de la chênaie-mixte. Le Mézenc est cependant à la même latitude que la Margeride et le Cantal, où ces particularités ne s'observent pas, mais sa situation plus orientale et le voisinage de la vallée du Rhône dans sa section où les influences méditerranéennes sont encore importantes peut expliquer cette similitude de son histoire forestière avec celle du Lozère, du Palais-du-Roi, de l'Aigoual et de l'Aubrac.

Mais cette histoire révèle des particularités jusqu'ici propres au Mézenc :

1° La phase subatlantique à Hêtre et Sapin est ici caractérisée par une prédominance massive et constante du Sapin sur le Hêtre, alors qu'ailleurs on observe une prédominance constante du Hêtre (Margeride, Aubrac, Lozère), ou une succession Hêtre-Sapin (Nord du Velay, Forez), ou une succession Sapin-Hêtre (Sud et Ouest des Monts Dore), ou encore une codominance à peu près constante des deux essences concurrentes (Cézallier).

2° Une phase terminale à double oscillation Chêne-Pin n'a encore été observée nulle part ailleurs. Elle représente le maximum de complexité observé. Sur les plateaux entre Velay et Forez, le premier épisode faisant défaut, on a la succession Pin-Chêne-Pin. La phase se réduit à deux épisodes bien différenciés au Lozère et sur l'Espinouze, où l'on observe une succession Chêne-Pin. Dans la Margeride, les Monts Dore, l'Artense, l'Aubrac, l'épisode du Chêne est plus ou moins masqué par une proportion encore élevée de Hêtre ou de Sapin.

([3]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, pp. 477-479.

Enfin, dans l'Aigoual et les Bois-Noirs du Forez, il n'y a qu'un seul épisode terminal à Pin dominant, succédant directement à la hêtraie-sapinière. Cette diversité régionale paraissant résulter de différences d'ancienneté, d'intensité et peut-être de nature dans l'intervention humaine, une tentative de synchronisation est illusoire. Constatons cependant que les territoires où un premier maximum du Pin a été observé sont ceux où le Pin est considéré comme indigène et représenté par des races locales.

Ainsi, au fur et à mesure de l'exploration de nouveaux secteurs du Massif Central se confirme la diversification de l'évolution forestière à partir de la période subboréale sous l'influence de la situation géographique, puis de l'intervention humaine.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur l'évolution des molaires supérieures chez les Ruminants* (Ongulés artiodactyles sélénodontes) *et les* Xiphodontidæ, *en particulier.* Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les Ruminants actuels, tous nettement sélénodontes, possèdent des molaires supérieures quadricuspidées, rapidement abrasées par l'usage. Mais, chez les formes fossiles dont l'ostéologie et la dentition marquent le caractère archaïque, ces dents étaient à cinq ou à six tubercules. Il y a donc eu réduction cuspidienne, au cours des temps géologiques, comme dans la très grande majorité des groupes mammaliens. Comment s'est effectuée cette réduction ? La question est difficile à résoudre parce que, dès l'Éocène, les divers *phyla : Xiphodontidæ, Cænothériidæ, Oreodontidæ, Tragulidæ* (1), sont déjà très divergents.

La présente étude se rapporte à la famille éteinte des *Xiphodontidæ* qui vécurent, en Europe, durant l'Éocène moyen et supérieur. Leurs pattes, longues et grêles, comportaient deux rayons principaux (III et IV), à métapodes encore complètement séparés, et deux rayons latéraux (II et V), atrophiés. Au point de vue des molaires supérieures :

1° Chez le *Pseudamphimeryx*, de très petite taille et brachyodonte, que j'ai étudié au Musée de Lausanne, ces dents possédaient les six tubercules des Mammifères archaïques : deux externes, deux intermédiaires et deux internes (2), tous en forme de V ouvert du côté vestibulaire, l'interne postérieur (hypocone)

(1) J'adopte, ici, la classification de K. A. von Zittel (1925) et non celle de G. G. Simpson (1945) qui, très intéressante, d'une manière générale, parce que tenant compte des récentes découvertes, est un peu arbitraire (*somewhat arbitrary*), comme le dit l'auteur lui-même, en ce qui concerne les Artiodactyles primitifs, formes que leur faible différenciation a permis de placer, tour à tour, à proximité de plusieurs grands groupes actuels. La Note qui va suivre est, d'ailleurs, destinée à préciser la position systématique des diverses lignées de Préruminants.

(2) M. Friant, *Publications du Muséum*, n° 1, 1933, p. 123.

étant peu marqué. Il en était de même chez l'*Amphimeryx*, de la taille du Tragule (*fig.* A).

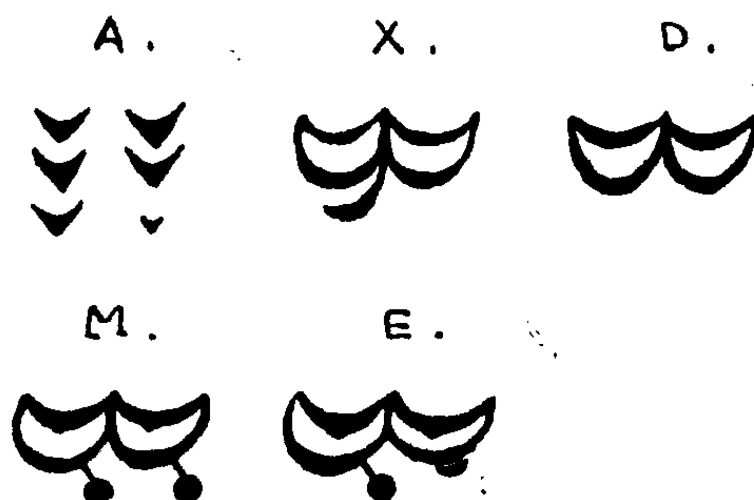


Schéma de l'évolution des molaires supérieures chez les *Xiphodontidæ* (en haut) et dans le *phylum* des *Equidæ* aboutissant aux formes actuelles (en bas). La molaire figurée est la première; le côté externe est en haut: le côté antérieur, à gauche. — A, *Amphimeryx* (Éocène); X, *Xiphodon* (Eocène): D, *Dichodon* (Éocène); M, *Merychippus* (Miocène); E, *Equus* (Actuel). — Noter que les tubercules intermédiaires, légèrement alternés vers l'avant avec les externes et les internes, chez les *Equidæ*, ne le sont pas chez les *Xiphodontidæ*.

2° Le *Xiphodon*, aussi grand que le Daim, déjà sélénodonte et hypsodonte, présentait des molaires supérieures à cinq tubercules seulement, par disparition totale de l'interne postérieur, l'interne antérieur étant lui-même réduit (*fig.* X).

3° Chez l'*Haplomeryx* et le *Dichodon*, enfin, ces dents, quadricuspidées par effacement complet des deux tubercules internes, étaient comparables à celles des Ruminants actuels, bien qu'à croissance moins prolongée (*fig.* D).

L'évolution des molaires s'est donc poursuivie, du *Pseudamphimeryx* au *Dichodon*, par réduction progressive, puis disparition de la *rangée interne de tubercules*. Ce caractère, mis en évidence, ici, pour la première fois, sépare nettement les *Xiphodontidæ* des autres groupes de Sélénodontes archaïques, où le type quadricuspidé des molaires supérieures s'est réalisé, au cours des temps géologiques, par disparition de la *rangée intermédiaire de tubercules* comme, généralement, chez les Artiodactyles; c'est tantôt la cuspide intermédiaire antérieure (*Cænotheriidæ*), tantôt l'intermédiaire postérieure (*Oreodontidæ*, *Tragulidæ*), qui s'est tout d'abord effacée.

Par contre, cette évolution rappelle, jusqu'à un certain point, ce qu'on observe dans le *phylum* des *Equidæ* aboutissant aux formes actuelles ([3]), où des vestiges de la rangée cuspidienne interne sont cependant encore discernables chez l'*Equus*, le plus spécialisé de la lignée (*fig.* M et E).

ACOUSTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Ultrasonoscopie.*
Note de M. **André Denier**, présentée par M. René Leriche.

Dans une première Note ([1]) j'avais montré la possibilité de déceler les ultrasons au moyen d'un quartz auscultateur relié à un oscillographe cathodique à deux étages d'amplification.

([3]) M. Friant, *Bulletin du Muséum*, 2e série, 8, II, 1936, pp. 200 à 204.

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 785.

La complexité de la technique n'aurait jamais permis que l'appareil sorte du domaine du laboratoire.

J'ai totalement modifié l'enregistrement : le quartz auscultateur est identique au premier type avec ses feuilles d'aluminium de 2/100 de millimètre collées à l'arcanson sur chacune de ses faces.

Au lieu de feuilles d'aluminium on peut argenter ou métalliser ces deux faces, ce qui permet une meilleure transmission du courant de fréquence alternative émis par le quartz.

Le cylindre métallique supportant le quartz est isolé sous caoutchouc, permettant à la fois un excellent isolement électrique et une préhension meilleure, car c'est lui qui sera promené sur la zone à étudier.

Deux conducteurs sans impédance, à fort isolement et recouvert d'une gaine métallique mise à la terre, amènent le courant à une cellule redresseuse de H. F. oxy-métal qui transforme le courant de haute fréquence alternative en courant continu ; cette cellule est enfermée dans un coffret blindé. Ce courant est décelé par un microampèremètre d'une échelle de 0,3 microampère, sensible au 1/10 de microampère.

Le courant reçu est bien proportionnel à l'intensité émise par le projecteur d'U. S.

Du fait de la suppression de tout étage d'amplification, aucun parasite n'est enregistré. La haute fréquence du poste émetteur qui alimente le projecteur d'ultra-sons ne vient plus perturber l'enregistrement. Au lieu d'avoir une déflection plus ou moins grande de l'image de Lissajoux, phénomène purement visuel et mesurable avec peu de précision, on lit des chiffres et au besoin on fait un enregistrement.

Du fait de cette simplification technique, l'ultra-sonoscopie va sortir du domaine du laboratoire et entrer dans la clinique, permettant l'examen d'un malade et la détection précise d'une tumeur ou d'une néo-formation thoracique ou abdominale.

A la demande de M. Baudouin j'ai cherché à déceler les tumeurs du cerveau au moyen de cette nouvelle technique. Une trépanation d'un crâne de bœuf et de veau est faite avec inclusion de corps étrangers au milieu du cerveau.

Le quartz émetteur est placé sur la zone pariétale droite et le quartz récepteur sur le pariétal gauche dans l'axe du corps inclus et à différentes distances de cet axe. Il résulte de ces premiers essais : en l'absence de corps étrangers la boîte crânienne transmet les ultra-sons très fortement. L'inclusion de corps étrangers de densité différente montre une augmentation de la transmission des ultra-sons sur l'axe de ce corps inclus dans une proportion du 1/8 seulement. D'autres essais seront à faire sur l'animal vivant avec inclusion de tumeurs excisées chez l'homme, afin de fixer la valeur de la détection de tumeurs cérébrales.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les caractères de l'amylase pancréatique purifiée.* Note [1] de M. NGUYEN-VAN THOAI et Mme MADELEINE JEAN SILHOL-BERNÈRE, présentée par M. Maurice Javillier.

Les enzymes purifiés présentent en général des caractères d'activation ou d'inhibition très différents de ceux des préparations brutes. Les constituants colloïdaux ou minéraux accompagnant celles-ci donnent naissance à des réactions souvent considérées, à tort, comme spécifiques de l'enzyme. Dans le cas de l'amylase pancréatique, certains effecteurs sont bien connus. Elle est inhibée par des métaux lourds, par le cyanure [2]; elle est activée par des anions, en particulier par des halogénures. Divers acides aminés sont considérés également comme de puissants activateurs de l'amylase pancréatique ou salivaire [3], le glutathion et la cystéine, comme ses compléments [4]. Des préparations commerciales d'amylase, purifiées par fractionnement simple à l'acétone et dialyse prolongée, sont activées ou réactivées par des acides aminés et davantage encore par des couples cystéine-Zn et cystéine-Mg [5].

L'ensemble de ces caractères : inhibition par des formateurs de complexes (CNK, SCNK), activation par les acides aminés et les couples acides aminés-cations divalents, étant d'ordinaire spécifique des enzymes à coferments métalliques dissociables, il nous a semblé intéressant, pour l'étude des amylases pancréatiques hautement purifiées, de déterminer à nouveau les conditions de leur inhibition et de leur activation.

En faisant agir l'amylase purifiée [6] sur des empois d'amidon à 2 % à pH 6,8, en solution au tampon de phosphate 10^{-2}M et de ClNa 10^{-1}M, nous avons observé les faits suivants.

Le cyanure de K (10^{-3} à 10^{-1}M) n'inhibe pas l'amylase purifiée, qu'il soit mis directement au contact de celle-ci au moment de l'hydrolyse ou incubé au préalable avec l'enzyme à pH 6,8 à 40°C. une demi-heure avant l'addition du substrat. Avec les préparations brutes, le cyanure se montre déjà inhibiteur à de très faibles concentrations.

L'alanine (10^{-3} à 10^{-2}M), la cystéine (10^{-4} à 10^{-3}M) n'exercent pas d'action sur l'amylase purifiée lorsque les acides aminés lui sont ajoutés au moment de l'hydrolyse enzymatique. Ils accélèrent même l'inactivation de

---

(1) Séance du 27 novembre 1946.

(2) K. MYRBÄCH, *Zeits. physiol. Chem.*, 159, 1926, p. 1; H. NINOMIYA, *J. Biochem. Japan*, 31, 1940, p. 421; V. ZANOTTI, *Boll. Chim. farm.*, 73, 1934, p. 524.

(3) H. C. SHERMANN et M. L. CALDWELL, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 44, 1922, p. 2926; H. C. SHERMANN et NAYLOR, *id.*, 44, 1922, p. 2957; H. C. SHERMANN et WAHLER F., *id.*, 45, 1923, p. 1960.

(4) H. PRINGSHEIM, H. BORCHARDT et H. HUPFER, *Biochem. Zeits.*, 238, 1931, p. 476 et 250, 1932, p. 109.

(5) J. ROCHE, N. V. THOAI et A. DZIRI, *C. R. Soc. Biol.*, 139, 1945, p. 519.

(6) N. V. THOAI et Mme JEAN SILHOL-BERNÈRE, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 761.

l'enzyme maintenu seul à 40°C. à pH 6,8 en présence de solution au tampon de phosphate 10^{-2} M et de ClNa 10^{-1} M.

L'amylase, qui s'inactive déjà à basses températures ([6]), ([7]), perd rapidement son activité à 40°C. Étant donné le caractère légèrement réducteur de l'amylase ([6]), et l'oxydation possible de certains de ses groupements actifs, nous avons essayé de diminuer la vitesse d'inactivation de l'enzyme au moyen de certains agents d'oxydoréduction. La thio-urée, l'hydroquinone, le sulfite de Na (10^{-4} à 10^{-2} M), dans des conditions diverses, n'exercent aucun effet sur la stabilisation de l'amylase pancréatique. Par contre, l'acide iodoacétique (10^{-4} à 10^{-3} M), mis en contact avec l'enzyme à pH 6,8 à 40°C., une demi-heure avant l'addition du substrat, double la vitesse d'inactivation de l'amylase. Introduit en même temps que l'empois d'amidon, l'acide iodoacétique est sans action sur l'enzyme. La phénylhydrazine (10^{-5} à 10^{-3} M), agissant sans doute par ses produits d'oxydation, produit les mêmes effets et dans les mêmes conditions que l'acide iodoacétique.

Conclusions. — L'ensemble des résultats obtenus montre que les caractères de l'amylase pancréatique suffisamment purifiée diffèrent profondément de ceux qui lui sont généralement attribués. En particulier les acides aminés ne se conduisent pas comme des activateurs ou des compléments de l'amylase, laquelle est insensible à l'action du cyanure. Ces observations confirment le fait que l'amylase ne se comporte pas comme un enzyme à coferment métallique dissociable.

SÉROLOGIE. — *Nature de l'anticorps anti-Rh du sérum humain.* Note ([1]) de MM. **Georges Sandor** et **Marcel Bessis.**

Dans une Communication antérieure, l'un de nous a montré que la méthode simple de dialyse permet de séparer les anticorps antibactériens exclusivement ou en majeure partie euglobuliniques, des antitoxines véritables, pseudoglobuliniques pour la plupart ([2]). Les isoagglutinines anti-Rh du sérum humain, dont nous apportons l'exemple présentement, sont tout a fait caractéristiques de ce point de vue.

Nous rappellerons que l'agglutinogène Rh, dénommé ainsi parce que découvert primitivement dans le sang du Singe : *Macacus Rhesus,* existe chez 85 % environ des sujets humains normaux ([3]). L'isoagglutinine correspondante ne se trouve, par contre, qu'exceptionnellement chez certaines femmes pendant ou après l'accouchement et explique alors l'érythroblastose, maladie du nouveau-né.

([7]) K. H. Meyer, H. Fischer et P. Bernfeld, *Experientia,* 2, 1946, p. 362.

([1]) Séance du 27 novembre 1946.

([2]) G. Sandor, *X*e *Congrès de Chimie Biologique,* Liège, octobre 1946.

([3]) Landsteiner et Wiener, *Proc. Soc. Exper. Biol.,* N. J., 43, 1940, p. 223.

Les sérums anti-Rh que nous avons étudiés étaient soit découverts ainsi accidentellement chez des femmes en couches, soit obtenus par réactivation ([4]). Leur titre, de même que ceux des fractions globuliniques ont été évalués par les méthodes habituellement employées au Laboratoire de Recherches du Centre National de Transfusion sanguine ([5]).

La méthode de fractionnement déjà exposée ([2]) consiste à dialyser les sérums sous pression constante contre l'eau distillée pendant trois jours à la glacière, puis de les diluer au 1/5 de leur volume du départ avec de l'eau distillée. Un premier précipité ainsi obtenu est appelé *euglobuline* I. A chaque centimètre cube des eaux mères on ajoute $0^{cm^3},1$ d'acide acétique N/40. Un deuxième précipité apparaît que nous désignons par le terme *euglobuline* II. Dans les eaux mères finales on dissout 34 % de sulfate d'ammonium et le précipité de *pseudoglobulines* est dialysé, puis rendu isotonique.

Les fractionnements isoélectriques des euglobulines sont conduits par l'épuisement des précipités à l'aide de volumes connus d'une solution tampon de pH et de salinité convenables.

Quelques-uns des très nombreux résultats, toujours concordants, sont réunis dans le tableau 1. Il est manifeste que la très grande majorité de l'anticorps anti-Rh est entraînée avec l'euglobuline I, et si de faibles proportions se trouvent encore dans l'euglobuline II, la pseudoglobuline, par contre, en est toujours exempte.

TABLEAU 1.

Répartition des anticorps Rh dans les diverses fractions globuliniques du sérum.

Nom du sujet.	Nature de la fraction.	Protéides (%).	Activité isoagglutinante (unités).
Bouc	Euglobuline I	0,38	2 500
	» II	1,14	40
	Pseudoglobuline	1	0
Aup	Euglobuline I	0,62	64
	» II	0,50	2
	Pseudoglobuline	1,28	0
Lepe	Euglobuline I	–	64
	» II	–	16
	Pseudoglobuline	–	0

Le sérum Lepe contenait l'anticorps sous forme incomplète ou bloquante.

Mais qui plus est, si l'on épuise les euglobulines I et II respectivement par le quart du volume du sérum du départ d'une solution à 2 ‰ d'acétate de sodium amenée à pH5 à l'aide de l'acide acétique, dans les deux cas également la fraction insoluble (euglobuline I *a* et II *a*) seule contient de l'anticorps (tableau 2).

([4]) M. Bessis, *Rev. d'Hématologie*, 1, 1946, pp. 70-78.

([5]) Id., *ibid.*, pp. 79-94.

Non seulement donc l'anticorps anti-Rh se trouve entièrement concentré dans les euglobulines, mais encore il paraît posséder des propriétés de solubilité tout à fait caractéristiques au sein même de cette fraction. Ces propriétés d'ailleurs étant les mêmes pour l'anticorps qui se trouve dans l'euglobuline I et pour la faible proportion qui accompagne l'euglobuline II, il y a tout lieu de croire qu'il s'agit de la même substance entraînée simplement par adsorption par le précipité de cette dernière.

TABLEAU 2. — *Fractionnement isoélectrique.*

Nom du sujet.	Nature de la fraction.	Protéides (%).	Activité isoagglutinante (unités).
Aup....................	Euglobuline I *a*	0,09	250
	» I *b*	0,05	0
	» II *a*	0,16	8
	» II *b*	0,04	0
	Pseudoglobuline	1,3	0

Ainsi se confirme la règle mmunologique que nous avons développée (²), à savoir que les anticorps, à certains stades de 'immunisation, tout au moins, apparaissent comme des protéides très particuliers, et la confirmation aussi éclatante de cette règle dans le cas présent s'explique par le fait que les anticorps anti-Rh sont exceptionnels, de nouvelle formation, et les sérums humains qui les contiennent sont comparables, partant, à de véritables immun-sérums spécifiques.

A 16ʰ l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

M. le **Président** présente la liste suivante de candidats à la place vacante dans la Section de Géographie et Navigation, par le décès de M. *Georges Perrier*.

En première ligne .... M. **Pierre Tardi**.

En seconde ligne ex æquo *et par ordre alphabétique*..... MM. **Roger Brard**. **Louis Bréguet**. **André Gougenheim**. **Georges Poivilliers**. **Jean Vignal**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 17ʰ15ᵐ.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 DÉCEMBRE 1946.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Albert Pérard** fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage intitulé *Les Mètres Prototypes du Bureau international. Notes historiques. Rénovation. Étude*, par M. Charles Volet, adjoint, nommé sous-directeur du Bureau international des Poids et Mesures, et lui-même. Cet Ouvrage est destiné à être incorporé dans le Tome XXI des *Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Géographie et Navigation, en remplacement de M. le *Général Perrier*, décédé.

	Nombre de suffrages		
	1er tour.	2e tour.	3e tour.
Nombre de votants	49	49	50
MM. Pierre Tardi	18	23	24
Georges Poivilliers	17	22	24
Louis Bréguet	7	4	2
Roger Brard	5	-	-
Jean Vignal	1	-	-
Bulletin blanc	1	-	-

Il est procédé à un scrutin de ballottage entre les deux candidats qui n'en ont pas deux autres supérieurs en suffrages.

Le nombre des votants étant 50,

MM. Georges Poivilliers obtient ..... 30 suffrages.
Pierre Tardi » ..... 19 »

Il y a 1 bulletin nul.

M. **Georges Poivilliers** ayant obtenu la majorité des suffrages est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement provisoire de la République.

PLIS CACHETÉS.

M. **André Pierron** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 29 novembre 1937 et enregistré sous le numéro 11351.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *Traitement de la Tuberculose osseuse.*

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

CORRESPONDANCE.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur une propriété des suites particulières de nombres premiers impairs.* Note de M. **Nicolas Kryloff**, présentée par M. Élie Cartan.

Les principes indiqués dans une Note récente de M. V. Thébault ([1]) s'appliquent, bien entendu, à des problèmes plus généraux et suggèrent la démonstration d'une propriété curieuse que voici :

Si les n termes de la suite arithmétique du $k^{\text{ième}}$ ordre, dont le terme général se présente sous la forme

$$c_0 + c_1 i + c_2 i^2 + \ldots\ldots + c^k i^k, \tag{1}$$

sont premiers impairs, alors les coefficients $c_1, c_2, \ldots\ldots c_k$, qu'on pourrait appeler respectivement les raisons du premier, du second et enfin du $k^{\text{ième}}$ ordre, sont divisibles par les produits des nombres premiers non supérieurs à n, pourvu que c_0 soit premier avec les susdits produits.

Pour démontrer ce théorème on peut se borner à la considération du cas $k = 2$, car pour $k > 2$ la démonstration se poursuit d'une manière analogue. Ainsi prenons un nombre quelconque premier α non supérieur à n et considérons une suite partielle dont le terme général est

$$c_0 + c_1 i + c_2 i^2, \tag{2}$$

et constituée par $\alpha + 1$ termes, qui sont tous premiers d'après l'hypothèse et ne sont pas par conséquent divisibles par α. Donc, en les divisant par α, ils donnent $\alpha + 1$ restes, parmi lesquels il y en a seulement $\alpha - 1$ différents, donc trois restes au moins sont égaux. Ainsi, pour certains nombres l, p, m, les restes de la division par α de

$$c_0 + c_1 l + c_2 l^2, \quad c_0 + c_1 p + c_2 p^2, \quad c_0 + c_1 m + c_2 m^2$$

([1]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 223.

sont égaux; donc les différences

$$c_1(l-p)+c_2(l^2-p^2),\quad c_1(p-m)+c_2(p^2-m^2),\quad c_1(l-m)+c_2(l^2-m^2)$$

sont divisibles par α et, vu que les différences $l-p$, $l-m$, $p-m$ ne le sont pas, on constate la divisibilité par α de

$$c_1+c_2(l+p),\quad c_1+c_2(l+m),\quad c_1+c_2(p+m).$$

Par conséquent, $c_2(m-p)$ est divisible par α. Donc c_2 et, par suite, c_1 sont divisibles par α et le théorème est vrai, car le même raisonnement peut être répété à propos de chaque nombre premier non supérieur à n, et il va de soi qu'il faut prendre c_0 conformément au texte du théorème, afin d'être assuré que les termes de la suite (1) sont premiers.

Ce théorème généralise le théorème de M. V. Thébault concernant les progressions arithmétiques, c'est-à-dire les suites arithmétiques du 1er ordre. Sous une forme un peu plus générale, le résultat de M. Thébault peut s'exprimer de la manière que voici :

Si les n termes d'une suite (pour $\beta_i = i$ on a la progression arithmétique)

$$m,\quad m+\beta_1 r,\quad m+\beta_2 r,\quad \ldots,\quad m+\beta_{n-1} r$$

sont premiers impairs et si toutes les différences $\beta_i-\beta_p$ sont premières avec chaque nombre premier non supérieur à n, *alors le nombre r est divisible par le produit des nombres premiers non supérieurs à n.*

Des questions de ce genre ont été traitées jadis par Waring dans ses *Meditationes algebraicæ* (Cantabrigiæ, 1770), J. Fitz-Patrick dans ses *Exercices arithmétiques* (t. I et II) et aussi Lagrange (*Œuvres*, t. III), à qui l'on doit ce beau théorème : *Si dans une progression par différences trois termes consécutifs sont premiers absolus, la raison est divisible par* 6, *à moins que le premier terme ne soit* 3; *s'il y en a cinq, la raison est divisible par* 30, *à moins que le premier terme ne soit* 5, *et s'il y en a sept, la raison est divisible par* 210, *à moins que le premier terme ne soit* 7. Le champ d'action des théorèmes de ce genre peut être considérablement étendu, et la Note actuelle présente une tentative dans cette direction.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur la comparabilité des ensembles mesurables* B *par des procédés dénombrables.* Note de M. **Z. P. Dienes**, présentée par M. Émile Borel.

Étant donnés deux ensembles quelconques E_1 et E_2, il n'est généralement pas possible de décider si $E_1 < E_2$ sans parcourir tous les éléments de E_1 et voir s'ils sont aussi des éléments de E_2. Si l'on croit qu'une infinité non dénombrable de telles opérations ne peut pas être effectuée, il faut chercher des méthodes dénombrables par lesquelles on peut reconnaître si $E_1 < E_2$. L'objet de cette Note est de démontrer que, dans une certaine classe d'ensembles, on

peut comparer deux ensembles E_1 et E_2 par des comparaisons, en nombre dénombrable, de nombres entiers; comparer E_1 et E_2 revient à décider dans lequel des cinq cas se trouvent E_1 et E_2 : 1° $E_1 < E_2$; 2° $E_2 < E_1$; 3° $E_1 = E_2$; 4° $E_1 E_2 = 0$; 5° $E_1 E_2 > 0$ et les trois premiers cas n'ayant pas lieu.

1. *Définitions.* — Une proposition ou un énoncé P sera dit démontrable D, ou $P \varepsilon D$, s'il peut être vérifié par un nombre dénombrable de comparaisons de nombres entiers. Par exemple, pour a et b réels, $(a = b) \varepsilon D$, parce qu'il faut comparer les chiffres une infinité dénombrable de fois. Dans ce qui suit, nombre signifiera toujours nombre réel, un intervalle de nombre sera écrit j, et la lettre δ signifiera : une infinité dénombrable de fois. On écrira $J = \Sigma j_j$ (somme stricte). On lira $E \varepsilon B$, E mesurable B.

2. *Premières propositions.* — *a*. Si une classe d'ensembles est fermée par rapport au produit (partie commune) et par rapport au complément, pour démontrer que deux ensembles de la classe sont comparables, il suffit de faire voir que, pour chaque E de la classe, $(E = O) \varepsilon D$.

b. L'existence de la limite d'une suite monotone bornée de nombres est démontrable D.

c. On réduit la comparabilité de deux ensembles de classe B_1 à

$$(\Pi_s \Sigma_r j_{rs} = 0) \varepsilon D;$$

les j_{rs} sont ouverts et $\Sigma_r j_{rs} < \Sigma_r j_{r,s-1}$.

3. *La pyramide et son analyse.* — Pour décrire $\Pi_r \Sigma_s j_{sr}$, on définit une pyramide d'intervalles. Elle sera composée de δ lignes, la première ligne formée des intervalles j_{s1}, la $r^{\text{ième}}$ ligne des j_{ir}, où l'on écrit chaque j_{ir} au-dessous du $j_{i,r-1}$, dans lequel il est contenu; cette ligne sera une suite de type ω^r. Chaque j possèdera une sous-pyramide $p(j)$, qui est formée des intervalles dans toutes les lignes qu'on a écrites au-dessous de j à partir de j. On appelle un *chemin* une suite $j_{i1} > j_{j2} > j_{k3} > \ldots$. Chaque élément de ΠJ_r est contenu dans la partie commune d'un chemin. Le problème est de décider s'il y a des chemins qui conduisent à des éléments.

La classification des intervalles. — Les j où $p(j)$ est vide peuvent être omis. Si, après avoir opéré peut-être transfiniment, mais δ fois, il reste une pyramide, on dénombre toutes les extrémités; si une extrémité a paraît dans toutes les lignes l_r, $r \geqq n$, comme une extrémité de même côté, on examine le chemin $(a, b_1), \ldots, (a, b_n), \ldots$ et si $b_n \to a$, $\Pi J_r > 0$. On peut donc supposer qu'à toutes les extrémités e qui paraissent une infinité de fois corresponde une suite d'autres extrémités qui tend vers e. *Dans une telle pyramide* un j est $j(z)$ si une de ces extrémités paraît dans une infinité de lignes de la pyramide. Un *chemin* z est tel qu'une des extrémités se répète indéfiniment. Une *pyramide* z n'est formée que des $j(z)$. Un j est un $j(y_1)$ si $p(j)$ n'est formée que des $j(z)$, un $j(y_\alpha)$ si $p(j)$ n'est formée que des $j(y_\beta)$, $\beta < \alpha$, et α le premier nombre transfini après les β. Un $j(y_\alpha)$, α quelconque s'écrit $j(y)$.

Un j est $j(x)$ s'il n'est pas $j(y)$. On démontre que : Si j appartient à un chemin z il s'écrira $j(y)$.

d. $j(z)\varepsilon D$, $j(y)\varepsilon D$, $j(x)\varepsilon D$.

e. Pour qu'un chemin ne soit pas vide, il est nécessaire et suffisant qu'à tout intervalle en corresponde un autre qui lui soit complètement intérieur. Alors ou bien : 1° la pyramide contient des $j(x)$, ou bien : 2° tous les j sont $j(y)$.

f. Dans le cas 1° il y a un chemin qui n'est pas un chemin z.

Il suffit de considérer 2 pyramides z. *Dans une telle pyramide* j est $j(w_1)$ si $p(j)$ ne contient que deux chemins, chacun, étant z, $j(w_2)$ si $p(j)$ ne contient que des $j(w_1)$, et ainsi de suite transfiniment. Un j est $j(w)$ s'il est un $j(w_\alpha)$ pour α transfini. Les j qui ne sont pas $j(w)$ sont des $j(v)$.

(*g*) $j(w)\varepsilon D$ et $j(v)\varepsilon D$.

(*h*) Pour qu'une pyramide z soit vide, il est nécessaire et suffisant qu'elle ne contienne aucun $j(v)$.

Nous concluons :

(*i*) Les ensembles de classe B_1 sont comparables.

On étend le théorème (*i*) à la classe B_2 en considérant une pyramide composée des j, des points et des ensembles parfaits non denses. On démontre encore :

(*j*) Soit x un nombre, $E\varepsilon B$ entraîne $(x < E)\varepsilon D$.

(*k*) Soient $B(E)$ et $b(E)$ les bornes supérieures et inférieures de E, et $E\varepsilon B$, alors $B(E)\varepsilon D$ et $b(E)\varepsilon D$.

Cela pourrait être démontré pour les limites extrêmes des $E\varepsilon B$, si l'on savait que $(j < E)\varepsilon D$ pour tout $E\varepsilon B$.

L'auteur croit que $(E = O)\varepsilon D$ pour tout $E\varepsilon B$, mais si le contraire était vrai, il serait un exemple fort intéressant d'une proposition non démontrable.

GÉOMÉTRIE. — *La géométrie des familles de transformations de variables dépendant de paramètres.* Note de M. **Mendel Haimovici**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans quelques travaux récents, nous nous sommes occupé des familles de transformations de n variables simplement transitives, et avons montré qu'à une telle famille on peut associer de plusieurs manières un espace à connexion affine à $2n$ dimensions, qui jouit de certaines propriétés géométriques remarquables.

Nous avons généralisé cette question aux transformations multiplement transitives et nous communiquons dans cette Note quelques-uns des résultats auxquels nous sommes arrivé dans cette voie.

1. Supposons que la famille de transformations de variables soit donnée par le système d'équations de Pfaff dans les variables transformées x^i et les paramètres a^α

$$(1)\quad \varpi^i(x^j, a^\alpha, dx^j) = \omega^i(x^j, a^\alpha, da^\alpha) \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n;\ \alpha = 1, 2, \ldots, N \geq n),$$

les constantes d'intégration étant les variables primitives x'^i. Dans l'espace des paramètres, un ensemble de valeurs des variables transformées définit un élément plan à $N-n$ dimensions donné par la relation $\omega^i(x, a, da)=0$. Ces éléments plans sont les éléments générateurs de l'espace (1).

2. Associons à chaque élément un repère formé de N vecteurs $e_1, e_2, \ldots, e_N$, tel que le déplacement de son centre P soit défini par la relation

$$dP = e_1\omega^1 + e_2\omega^2 + \ldots + e_n\omega^n + e_{n+1}\omega^{n+1} + \ldots + e_N\omega^N,$$

$\omega^1, \omega^2, \ldots, \omega^n$ étant les formes de Pfaff qui entrent dans les seconds membres de (1). Nous poserons les axiomes suivants de nature intrinsèque pour définir la connexion affine :

I. *Si un vecteur* v *situé dans son élément d'appui* E *se déplace parallèlement dans un élément infiniment voisin* $E' = E + dE$ *caractérisé par les mêmes valeurs des variables* x^i, *le vecteur reste dans l'élément d'appui.*

II. Considérons un parallélogramme infinitésimal formé par les éléments E, E', E''', E'' tel que E' et E''' correspondent respectivement aux mêmes valeurs des variables primitives x'^i que E et E'' [donc que (1) soit satisfaite] et que E'' et E''' correspondent aux mêmes valeurs des variables transformées que E et E'. *La projection du vecteur* $\overrightarrow{P''P'''}$ *sur l'élément plan des vecteurs* $e''_1, e''_2, \ldots, e''_n$ *en* P'' *est parallèle à la projection du vecteur* $\overrightarrow{PP'}$ *sur l'élément plan des vecteurs* $e_1, e_2, \ldots, e_n$ *en* P.

III. *Si l'élément d'appui d'un vecteur varie en conservant son centre, le déplacement absolu est parallèle si son origine et son extrémité restent fixes.*

3. A l'aide de ces trois axiomes, on définit une partie des composantes de la connexion affine. Pour achever la détermination de celle-ci, nous imposerons un quatrième axiome

$$(4)\quad R^i_{\alpha\beta j} A^j_{ia} = 0 \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n;\ \alpha, \beta = 1, 2, \ldots, N;\ a = n+1, n+2, \ldots, N),$$

où A^j_{ia} et $R^i_{\alpha\beta j}$ sont des tenseurs définis par les relations

$$(\omega^i)' - [\omega^\alpha \omega^i_\alpha] = \sum_{(jk)} A^i_{jk}[\omega^j\omega^k] + A^i_{ja}[\omega^j\omega^a],$$
$$(\omega^i_\alpha)' - [\omega^\beta_\alpha \omega^i_\beta] = R^i_{\alpha\beta j}[\omega^\beta \varpi^j],$$

qui font partie du système d'équations de structure de l'espace.

Dans l'hypothèse que le déterminant des quantités

$$g_{ab} = A^i_{ja} A^j_{ib} \qquad (a, b = n+1, \ldots, N)$$

(1) Si pourtant à un élément plan il correspond plusieurs systèmes de valeurs des variables x^i, nous dirons que nous avons affaire analytiquement à autant d'éléments plans différents.

est différent de zéro (ce qui suppose $N \leqq n^2+n$), ces quatre axiomes déterminent complètement la connexion affine de l'espace.

Nous avons généralisé cette question aussi pour le cas où N est plus grand et nous avons établi aussi les équations de Bianchi de l'espace. L'annulation de la courbure caractérise les groupes, auquel cas la connexion affine est la première connexion affine de M. É. Cartan.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe nouvelle de variétés linéaires et d'opérateurs linéaires de l'espace de Hilbert.* Note (1) de M. **Jacques Dixmier**, présentée par M. Gaston Julia.

Étudiant l'analogie entre les fonctions analytiques et les opérateurs linéaires de l'espace de Hilbert, G. Julia a montré (2) l'intérêt que présente l'étude des domaines d'existence des opérateurs fermés. On va donner dans cette Note sur ce problème des indications qu'on complétera ultérieurement. Les méthodes, le point de vue géométrique adopté, ont été introduits par G. Julia.

Abréviations utilisées : variété, v.; opérateur, op.; linéaire, l.; fermé, f.; D_A, Δ_A, domaines d'existence et des valeurs de l'op. A.

1. *Définitions.* — Une v.l. D de l'espace H sera dite un d.e. (domaine d'existence) s'il existe un op.l.f. A opérant dans H tel que $D_A = D$; les d.e. généralisent les v.l.f.

Soient H′ un espace de Hilbert orthogonal à H et U une symétrie de $H \oplus H'$ qui échange H et H′. Soit A, op.l. dans H. Quand X décrit D_A, $X + UAX$ décrit l'image V (au sens de von Neumann) de A par rapport à H, H′, U. V est une v.l., fermée si et seulement si A est fermé. Si V est un d.e. de $H \oplus H'$, A sera dit un opérateur du type d.e.; les op. du type d.e. généralisent les op.l.f.; l'op. identique restreint à une v.l. D de H, soit E_D, est du type d.e. si et seulement si D est un d.e.

Le cas où A est fermé rend nécessaire l'étude de la position relative de deux v.l.f. (3).

2. *Position relative de 2 v.l.f.* — 2 v.l.f. V_1 et V_2 de H seront dites asymptotiques si $V_1 \dot{+} V_2$ est non fermé [cette notion a été introduite par G. Julia, cf. note (3)]. Si $V_1 \cap V_2 = 0$, ceci revient à dire que l'angle de $X_1 \in V_1$ et de $X_2 \in V_2$ peut être arbitrairement petit (4). V_1 et V_2 sont asymptotiques si et seulement si $P_{H \ominus V_1} V_2$ est non fermé.

V_2 sera dite complètement asymptotique à V_1 si toute v.l.f. $\overline{V}_2 \subset V_2$ à ∞ dimensions disjointe de V_1 est asymptotique à V_1. V_2 est complètement

(1) Séance du 2 décembre 1946.

(2) *J. Math. pures et appl.*, 22, 1943, p. 71.

(3) G. Julia, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 892; **219**, 1944, pp. 8 et 225.

(4) H. Kober, *Compositio mathematica*, 7, 1939, p. 135.

asymptotique à V_1 si et seulement si $P_{H\ominus V_1}V_2$ ne contient aucune v.l.f. à ∞ dimensions.

Si V_1, V_2, $H \ominus V_1$, $H \ominus V_2$ sont 2 à 2 disjointes, il existe une infinité de symétries S telles que $S(V_1) = V_2$; leur recherche se ramène à la recherche des racines carrées, positives ou non, d'un hermitien positif (5). Il existe aussi une infinité d'unitaires U tels que $U(V_1) = H \ominus V_1$, $U(H \ominus V_1) = V_1$, $U(V_2) = H \ominus V_2$, $U(H \ominus V_2) = V_2$.

3. *Retour aux op.l.f.* — Soit A, op.l.f.; avec les notations du paragraphe 1, A est borné si et seulement si V est non asymptotique à H'; A est complètement continu si et seulement si V est complètement asymptotique à H. D'où : A, op.l.f., est complètement continu si et seulement si Δ_A ne contient aucune v.l.f. à ∞ dimensions.

4. *Premières propriétés des d.e.* — Théorème fondamental (contenu dans les travaux cités de G. Julia) : La projection d'une v.l.f. $W \subset H$ sur une v.l.f. $W' \subset H$ est une d.e. de H; réciproquement, tout d.e. $D \subset H$ est projection sur $[D]$ d'une v.l.f. $V \subset H \oplus H'$. Ceci résulte de l'égalité : $D_A = P_H V$.

Tout d.e. est un Δ_K, avec K borné hermitien positif.

Si V_1 et V_2 sont deux v.l.f. de H, $V_1 \dotplus V_2$ est un d.e., mais non du type le plus général (de classe 1, 2, ou 4, cf. Note suivante).

5. *Premières propriétés des o.p. du type d.e.* — Elles découlent du théorème fondamental.

A. Un produit d'op. du type d.e. est du type d.e.

Conséquences : 1° Si A est du type d.e., $A^{-1}A = E_{D_A}$ et $AA^{-1} = E_{\Delta_A}$ sont du type d.e.; donc D_A et Δ_A sont des d.e.; 2° Si D est un d.e. et A un op. du type d.e., $B = AE_D$ est du type d.e.; donc la restriction de A à D est du type d.e. et $\Delta_B = A(D)$ est un d.e.; 3° Si D et D' sont 2 d.e., $D \cap D' = D_{E_D E_{D'}}$ est un d.e.

B. Tout op. du type d.e. est de la forme ST^{-1}, où S et T sont fermés bornés.

Conséquences : 1° A, du type d.e., est fermé borné si et seulement si D_A est fermé. 2° Les seules opérations d'inversion et de multiplication, effectuées sur les op.l.f. bornés, conduisent à tous les op. du type d.e. et à eux seulement.

De plus, la somme de 2 op. du type d.e. est du type d.e.

Ainsi, ces opérateurs sont maniables (malgré l'apparence « pathologique » de certains, qui n'ont pas d'adjoint) et imposés par l'étude des op.l.f.

Remarque. — Un produit $A_1 A_2 \ldots A_n$ d'op.l.f. est du type d.e.; il est fermé si et seulement si les hypothèses : $X \to O$, $A_1 A_2 \ldots A_n X \to O$, entraînent : $A_1 X \to O$, $A_1 A_2 X \to O, \ldots, A_1 A_2 \ldots A_{n-1} X \to O$.

---

(5) *Sur ce sujet, et sur les symétries,* cf. JULIA, *Comptes rendus,* **221**, 1945, p. 81, et **222**, 1946, pp. 707, 829, 1019 et 1161.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Remarque sur le degré de complétude.* Note (¹) de M. **Henri Hiż.**

J'emploie le mot *système* suivant la définition qu'un ensemble X de propositions est un système si l'ensemble de conséquences de X est identique à X et est contenu dans l'ensemble de toutes les propositions significatives (²). Or, nous pouvons classer tous les systèmes au point de vue de leur degré de complétude. Un système est *complet au degré* α quand nous pouvons trouver $\alpha - 1$ expressions significatives non équivalentes et indépendantes de ce système, telles que, en ajoutant l'une des expressions au système, nous obtiendrons un système complet au degré $\alpha - 1$; en ajoutant $\alpha - 2$ on obtient un système complet au 2ᵉ degré et en ajoutant toutes ces expressions il en résulte le système complet au 1ᵉʳ degré. Comme exemple je voudrais examiner quelques systèmes dont les thèses ne contiennent que l'implication et des variables propositionnelles, en admettant pour ces systèmes les règles de substitution et de déduction. Considérons une série infinie de matrices M_i où b est l'unique valeur distinguée, M_1 étant la matrice d'un seul élément b, M_2 de deux éléments b et a_1, M_n de n éléments $b, a_1, a_2 \ldots, a_{n-1}$.

	$\supset$	b	a_1	a_2	...	a_n	a_{n+1}	...
	b	b	a_1	a_2	...	a_n	a_{n+1}	...
	a_1	b	b	a_2	...	a_n	a_{n+1}	...
M_i	a_2	b	b	b	...	a_n	a_{n+1}	...
	..	.	.	.	...	..	....	...
	a_n	b	b	b	...	b	a_{n+1}	...
	a_{n+1}	b	b	b	...	b	b	...
	....	.	.	.	...	.	.	...

Il va de soi que l'ensemble de toutes les propositions significatives forme un système complet au 1ᵉʳ degré. Chaque système contenant l'expression p comme une des thèses l'est et s'il est équivalent à M_1. Le système qui ne contient que toutes les thèses implicatives valables dans la logique bivalente est complet au 2ᵉ degré. En réalité, ce système est équivalent à M_2 et chaque expression significative indépendante de ce système prend la valeur a. Or, à l'égard de M_2, il est vrai que $a \supset p$. Si nous ajoutons à notre système une expression qui possède la valeur a, en appliquant la règle de déduction nous obtiendrons l'expression p comme thèse du système. Parmi les systèmes qui constituent des parties de ce dernier, il y en a de tels qui sont complets au degré infini. Par exemple l'ensemble de toutes les thèses implicatives valables

(¹) Séance du 27 novembre 1946.

(²) A. Tarski, *Über einige fundamentalen Begriffe der Methamathematik* (*Comptes rendus des séances de la Société des Sciences et des Lettres de Varsovie*, Cl. III, **23**, 1930).

dans la logique intuitioniste (³). Ce système est équivalent à une série infinie de matrices M_i (⁴). La proposition $A_1, p \supset q . \supset p : \supset p$ ne vérifie pas M_3 et en conséquence elle est indépendante du système. On peut trouver une proposition $A_2, q \supset r . \supset p : \supset : . p \supset q . \supset p : \supset p$ qui est plus faible que A_1 et vérifie M_3, mais qui ne vérifie pas M_4. Ensuite $A_3, r \supset s . \supset p : \supset : : q \supset r . \supset p : \supset : . p \supset q . \supset p : \supset p$ vérifie M_4, mais elle ne vérifie pas M_5. Ainsi on peut construire une série infinie de propositions $A_1, A_2, A_3, \ldots, A_n, \ldots$, où chaque proposition se compose de $p \supset q . \supset p : \supset p$ précédée par $n-1$ expressions de la forme $x \supset y . \supset p$, x étant une variable pareille à la seconde variable dans l'expression suivante de la même forme. On peut toujours indiquer M_{n+1} vérifiée par A_n et M_{n+2} qui n'est pas vérifiée par A_n. En ajoutant A_n au système implicatif intuitioniste, on obtient le système complet au $n+1^{\text{ième}}$ degré. Cela démontre que *le système intuitioniste est complet au degré infini*. La démonstration présentée est aussi valable pour une partie de la logique implicative intuitioniste, pour un système plus fin, à savoir, pour le système équivalent à une série infinie de matrices M_f,

	$\supset$	b	a_1	a_2	...	a_n	a_{n+1}	...
	b	b	a_1	a_2	...	a_n	a_{n+1}	...
	a_1	b	b	a_1	...	a_{n-1}	a_n	...
M_f	a_2	b	b	b	...	a_{n-2}	a_{n-1}	...
	..	.	.	.	...	....	....	...
	a_n	b	b	b	...	b	a_1	...
	a_{n+1}	b	b	b	...	b	b	...
	....	.	.	.	...	.	.	...

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Remarques géométriques sur la résultante des efforts agissant sur un profil en rotation uniforme.* Note (¹) de M. **Gérard Couchet**, présentée par M. Joseph Pérès.

Il est bien connu que la résultante des efforts sur un profil en translation uniforme (écoulement de Joukowshy) enveloppe, lorsque l'on fait varier l'angle d'attaque, la parabole métacentrique. Dans le cas d'une rotation uniforme ω, on peut de même établir des relations géométriques intéressantes et qui n'ont peut-être pas été signalées, entre la position du centre de rotation et celle de la résultante.

(³) A. Heyting, *Die formalen Regeln der intuitionistischen Logik. S.* (*B. Preuss. Akad. Wiss.*, 1930).

(⁴) Stanislaw Jaśkowski, *Recherches sur le système de la logique intuitioniste* (*Actes du Congrès international de Philosophie scientifique*, Sorbonne, Paris, 1935; IV, Paris, 1936).

(¹) Séance du 13 novembre 1946.

α et β étant les coordonnées du centre de rotation r par rapport à des axes liés au profil (Ox suivant le premier axe) et gardant les notations précédentes ([2]) avec de plus $a_1 = p + iq$ et $A_{-1} = P + iQ$, on constate que le support (d) de la force a l'équation

$$xf + yg + h = 0,$$

avec

$$f = \beta(p - a^2) - \alpha q + Q - \frac{A}{2\pi}\eta + \beta\left[\frac{A}{2\pi} - 2a(\alpha - \Omega)\right],$$

$$g = q\beta + \alpha(a^2 + p) - P + \frac{A}{2\pi}\xi - \alpha\left[\frac{A}{2\pi} - 2a(\alpha - \Omega)\right],$$

$$h = -(\alpha f + \beta g) = (\alpha^2 - \beta^2)q - 2p\alpha\beta - \left(Q - \frac{A}{2\pi}\eta\right)\alpha + \left(P - \frac{A}{2\pi}\ \right)\beta$$

[(d) passant par r, comme il est connu].

La force $F = X + iY$ prend l'expression simple

$$F = 2\pi\rho i\omega^2(f + ig).$$

Les équations $f = 0$ et $g = 0$ représentent deux coniques dont les trois points communs à distance finie I, J, K sont les trois centres des rotations donnant une force nulle. Le point commun à l'infini L correspond à la translation à circulation nulle.

La correspondance entre r et (d) est biunivoque, avec exception pour le triangle IJK [à r pris en un sommet correspondent toutes les droites issues de ce point, à (d) prise suivant un côté correspondent tous les points de ce côté]. La droite de l'infini a pour homologue r le point L.

Il est aisé d'interpréter géométriquement la correspondance : (d) étant donné, r est défini par cette droite et la conique $ug - vf = 0$, définie par cinq points : I, J, K, L et le point à l'infini de (d). La considération de l'hexagone de Pascal donne des constructions simples de (d) connaissant r ou *vice versa*.

Par exemple, r étant donné, on mène, par l'intersection de IL et de rK, une parallèle à JK qui coupe IJ en un point du support.

On vérifie aisément que les points I, J, K sont réels dans les cas usuels.

Lorsque le centre de rotation r décrit une droite (Δ), le support (d) enveloppe une conique (C) tangente aux côtés du triangle I, J, K et à (Δ), ce qui généralise, en quelque sorte, la notion de parabole métacentrique. (C) est une parabole lorsque (Δ) passe par L. Elle dégénère lorsque (Δ) passe par l'un des

---

([2]) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 280, et **222**, 1946, p. 170. Dans la première de ces Notes j'ai à rectifier une erreur de transcription affectant les formules du bas de la page 282 : dans l'expression de F le second terme a le signe + et il y a lieu d'ajouter les termes où apparaît en facteur l'aire A du profil; dans l'expression du moment le facteur 2 est en dehors du crochet et le dernier terme doit s'écrire

$$\rho A\omega(l\xi + m\eta).$$

sommets du triangle et l'enveloppe est un point du côté opposé. Corrélativement, lorsque (d) passe par un point fixe T, r décrit une conique passant par I, J, K, T.

Pour un profil à centre de portance, la parabole $g = 0$ se décompose en deux droites perpendiculaires au premier axe; il ne reste donc plus que deux points I, J à distance finie.

La construction par l'hexagone de Pascal est toujours applicable si l'on remarque que l'un de ses côtés devient une asymptote de la conique $ug - vf = 0$.

Dans le cas d'un profil symétrique les deux points I, J sont sur le premier axe et la construction est toujours applicable.

Enfin, pour une plaque de longueur $4a$, les points I et J sont confondus et l'on est conduit à la construction suivante : en joignant r au centre de la plaque et prenant l'intersection avec la droite $x = a$, on a un point qui a la même ordonnée que l'intersection de (d) et de la médiatrice de la plaque.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la luminescence de la Lune.* Note de M. František Link, présentée par M. Bernard Lyot.

L'existence de la luminescence de notre satellite paraît probable étant donné le bombardement par les rayons ultraviolets et corpusculaires qui ne sont pas arrêtés par l'atmosphère lunaire. Sa mise en évidence peut être tentée pendant les éclipses de Lune.

La densité de la pénombre projetée sur la Lune peut être calculée en partant de notre théorie photométrique des éclipses de Lune ([1]). Un observateur, situé au point de la surface lunaire où l'on calcule la densité, verrait une éclipse partielle de Soleil par la Terre. La plus grande partie de l'éclairement en ce point provient de la partie non éclipsée par la Terre et un petit supplément a pour origine la partie cachée géométriquement, mais visible grâce à la réfraction dans l'atmosphère terrestre.

La comparaison avec les observations est très intéressante. Il y a des éclipses dont la densité de la pénombre correspond à la valeur théorique, ou bien elle est un peu plus grande. Mais quelques éclipses fournissent des densités de la pénombre qui sont plus faibles que les valeurs théoriques calculées pourtant à partir d'une atmosphère pure. Cet excès d'éclairement serait explicable, au premier abord, par le supplément provenant de la partie du Soleil visible grâce à la réfraction; mais, du point de vue quantitatif, cette explication ne rend pas compte des faits observés, à moins de supposer une structure invraisemblable de l'atmosphère, entre 20 et 80^{km} d'altitude. On est donc amené à l'hypothèse de la luminescence de la Lune. Les différences O — C permettent de calculer

([1]) *Bull. Astr.*, 8, 1933, pp. 77-108.

la proportion de la lumière supplémentaire à différentes distances du bord géométrique de l'ombre.

Distance au bord géom.	Densité calculée.	O — C. 1.	2.	3.	4.	5.
5'...	1,02	−0,10 2 %	−0,22 6 %	−0,15 4 %	−0,08 2 %	−0,12 3 %
10...	0,55	−0,07 5	−0,07 5	−0,08 6	−0,05 3	−0,08 7
15...	0,31	–	−0,06 7	−0,06 7	−0,03 3	−0,08 10
20...	0,15	–	−0,05 9	−0,05 9	–	–

Dans les colonnes O — C sont données les différences en densités et en % de la lumière en dehors de la pénombre pour les éclipses suivantes :

1. 1931-IV-2. B. SEMEJKIN, *Astr. Journ. Sov. Un.*, **11**, 1934, p. 73.
2. 1932-IX-14. G. ROUGIER, *Journ. d. Obs.*, **17**, 1934, p. 65.
3. » . F. LINK, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1236.
4. 1936-I-8. F. LINK-V. GUTH, *Journ. d. Obs*,, **19**, 1936, p. 129.
5. 1942-III-2. G. ROUGIER-E. DUBOIS, *Ciel et Terre*, **58**, 1942.

On voit que la composante supplémentaire varie assez peu dans un intervalle relativement grand des distances. D'après notre hypothèse, elle serait due à la luminescence de la Lune, excitée par les radiations dont le chemin diffère de celui des rayons optiques. Dans cet ordre d'idées, la couronne pourrait être la source des radiations ultraviolettes. Comme elle est moins éclipsée que le disque, son influence peut être plus facilement décelée dans la pénombre qu'en dehors de celle-ci. Des raisons analogues plaident aussi pour les radiations corpusculaires dont la propagation diffère de celle de la lumière directe du Soleil.

En dehors des éclipses, la composante luminescente peut atteindre quelques pour-cent de la lumière totale et doit se traduire par des variations temporaires de la lumière globale. Ces variations sont assez faibles pour être frappantes, surtout si l'on considère les variations dues à la phase. Du point de vue spectral, le problème est aussi délicat, mais il peut être résolu plus facilement dans la pénombre. Enfin, la question du caractère des rayons excitateurs reste encore ouverte. Nous y reviendrons dans des recherches ultérieures.

CHALEUR. — *La fuite de chaleur par le thermomètre de mesure. Application à la mesure de la conductivité thermique par la méthode du signal dans la barre.* Note de M. **PIERRE VERNOTTE**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons dans notre Thèse ([1]) précisé les erreurs de mesure du thermomètre, qui tiennent essentiellement à la *fuite* de chaleur qu'il provoque vers

([1]) *Les mesures de température dans leur application à la technique des moteurs d'aviation.* Paris, 1944.

l'extérieur, par rayonnement ou conductibilité; et nous avons rattaché les plus importantes de ces erreurs à deux classes : l'organe sensible est en contact thermique *imparfait* avec le corps dont il faut mesurer la température, et la résistance thermique qui les sépare crée, à cause de la fuite, une différence de température entre le corps et le thermomètre; ou bien le contact thermique est parfait, mais alors la fuite provoque un refroidissement *local*, et ce qui est évalué correctement est une température faussée.

Prenons la température ambiante pour *zéro* des températures, et soit T la température à mesurer. On peut considérer que la température T est maintenue par la résistance R qui sépare le corps de l'air ambiant. S'il y a entre le corps et l'organe sensible une petite résistance thermique r, l'organe sensible est à la température $Tr:(R+r)$, et, par suite, si les conditions du contact sont *toujours* les mêmes, et si les propriétés thermiques du thermomètre sont *toujours* les mêmes aussi, la température observée est toujours *la même* fraction β de la température vraie.

Le problème du refroidissement local est un peu plus compliqué. On peut montrer, comme suit, que la conséquence en est aussi une diminution relative *constante* des températures.

Schématisons le phénomène de la façon suivante : le corps en expérience sera une barre sans déperdition sur une longueur l. Sur le court tronçon de longeur ε, il y a une fuite thermométrique que nous assimilerons (c'est légitime) à une déperdition latérale genre *problème de la barre*. Enfin, sur la longueur restante L, il n'y a pas de déperdition. La température est T_0 à l'extrémité la plus chaude, T_1 à l'autre. On mesure la température X au milieu du tronçon ε.

La distribution des températures est linéaire sur les tronçons l et L. Sur le tronçon ε, elle est définie par l'équation du problème de la barre $d^2T:dx^2=\alpha T$, α étant un coefficient de déperdition petit; nous limiterons la complication au terme du 2e degré. En prenant dans les trois cas l'origine au début du tronçon, on a les trois lois de température

(1) $$T = T_0 - ax,$$

(2) $$T = T_0 - al - ax + \alpha(T_0 - al)x^2:2,$$

(3) $$T = T_0 - al - a\varepsilon + \alpha(T_0 - al)\varepsilon^2:2 - [a - (T_0 - al)\alpha\varepsilon]x.$$

On détermine a par la condition que la température soit T_1 à la fin du 3e tronçon. S'il n'y avait pas de déperdition αT, le gradient aurait la valeur a', et la mesure serait

(4) $$X' = T_0 - a'(l + \varepsilon:2).$$

Du fait de la déperdition, on mesure

(5) $$X = T_0 - al - a\varepsilon:2 + \alpha(T_0 - al)\varepsilon^2:8.$$

Un calcul élémentaire montre que le *rapport* X : X′ est, comme plus haut, une *constante*, aux termes près α^2 et ε^2, supposés négligeables.

On n'a aucune raison de ne pas croire ce résultat *général*. Le calcul présenté indiquerait alors que si, sur une barre avec déperdition latérale, on provoque une *altération* locale du coefficient de déperdition (soit par la fuite du thermomètre, soit par le calorifuge supplémentaire qu'apporteraient les fils du couple thermoélectrique plus ou moins enroulés sur la barre), la température est en ce point multipliée par un facteur *constant*.

Il s'ensuit que si la méthode de mesure de la conductibilité thermique du métal de la barre ne met en jeu que des *rapports* de température, les résultats seront corrects pourvu que les mesures de température, peut-être *toutes* incorrectes, soient faites *toutes* dans les mêmes conditions. C'est sans doute pour cela que la vieille méthode des températures stationnaires de la barre donnait d'assez bons résultats.

La *méthode du signal* jouit de la même propriété; nous l'avons décrite ([2]) autrefois et appliquée à une barre d'aluminium assez grosse pour recevoir les réservoirs de deux thermomètres à mercure donnant directement la température correcte.

Nous rappelons que cette méthode (rajeunissement de celle d'Angström) consiste à provoquer, par un fourreau électrique chauffant, périodiquement allumé, un *signal* thermique *périodique* dont on observe le passage en deux points de la barre. Le régime permanent étant établi, on extrait de chacun des signaux, par les formules du développement de Fourier, la composante sinusoïdale *fondamentale*, dont on a ainsi l'amplitude et la phase. C'est de l'amortissement et du déphasage au deuxième point (donnés par des *rapports* température) que l'on déduit la conductivité (rapportée à la chaleur spécifique) et le coefficient de déperdition latérale.

Si la barre est une petite tige-échantillon *fine*, on ne peut atteindre la température que par de fins couples thermoélectriques. Il y a bien des façons de les disposer; la soudure, qu'il vaut mieux faire presque ponctuelle, peut être, ou non, en contact métallique avec la barre; mais il faut que les brins, isolés, contournent la barre suivant plusieurs spires : on est simplement tenu d'assurer un *assez bon* contact thermique, d'après ce qu'on a vu.

Le fait que cette erreur systématique sur la mesure des températures peut être *admise* fait vraiment, de la *méthode du signal*, la méthode de choix pour les mesures de conductivité thermique sur les petits échantillons. Elle suppose connue, il est vrai, la chaleur spécifique, dont la détermination est loin d'être facile; mais on peut, en première approximation, la déduire de la simple analyse chimique.

([2]) *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n° 279, janvier 1935, p. 209.

THERMODYNAMIQUE. — *Chaleurs spécifiques relatives à l'évolution polytropique d'un mélange gazeux quelconque.* Note [1] de M. **Max Serruys**, présentée par M. Albert Caquot.

Il est intéressant, pour bien des applications, de pouvoir calculer la chaleur spécifique relative à une évolution quelconque, comme nous l'avons fait antérieurement dans le cas de l'évolution polytropique d'un gaz parfait [2].

Si le fluide considéré est un mélange gazeux dans lequel peuvent se produire des réactions chimiques, la méthode de calcul précédemment appliquée échoue. Le but de la présente Note est de résoudre le problème dans toute sa généralité en caractérisant seulement l'évolution du gaz en chaque point par le rapport

$$\frac{v}{p}\frac{dp}{dv} = -\mathrm{K}.$$

Pour cela, nous remarquerons que, si n et n_0 sont les nombres de molécules existant dans l'unité de masse dans l'état considéré et dans un état de référence, on peut généralement appliquer les lois de Mariotte, Gay-Lussac, Avogadro

$$pv = \frac{n}{n_0}\mathrm{RT}.$$

Le principe de l'équivalence donne par ailleurs

$$d\mathfrak{T} + \mathrm{E}\,d\mathrm{Q} = d\mathfrak{U} \qquad \text{ou} \qquad \mathrm{E}\,d\mathrm{Q} = \mathrm{E}c\,d\mathrm{T} + p\,dv.$$

Et comme $p\,dv + v\,dp = \mathrm{R}/n_0(n\,d\mathrm{T} + \mathrm{T}\,dn)$

$$\mathrm{E}\,d\mathrm{Q} + \mathrm{E}c\frac{n_0}{\mathrm{R}n}\left[p\,dv + v\,dp - \frac{\mathrm{R}}{n_0}\mathrm{T}\,dn\right] + p\,dv.$$

Divisant par E et remarquant que $1/\mathrm{E} = (\mathrm{C} - c)/\mathrm{R}$. Il vient

$$d\mathrm{Q} + c\mathrm{T}\frac{dn}{n} = \frac{n_0}{\mathrm{R}}\left[\left(\frac{c}{n} + \frac{\mathrm{C} - c}{n_0}\right)p\,dv + \frac{c}{n}v\,dp\right].$$

Équation dans laquelle on peut évidemment faire $n = n_0$ si l'état de référence est celui qui correspond au point considéré de l'évolution du gaz ; d'où

$$d\mathrm{Q} + c\mathrm{T}\frac{dn}{n} = \mathrm{T}\left[\mathrm{C}\frac{dv}{v} + c\frac{dp}{p}\right]$$

et, comme nous avons supposé $dp/p = -\mathrm{K}(dv)/v$,

$$\frac{d\mathrm{Q}}{c} + \mathrm{T}\frac{dn}{n} = \mathrm{T}(\gamma - \mathrm{K})\frac{dv}{v}.$$

---

(1) Séance du 2 décembre 1946.

(2) *Éléments de Thermodynamique et de Physicochimie dans les Moteurs*, Paris, 1945.

Mais

$$\frac{dp}{p}+\frac{dv}{v}=\frac{dn}{n}+\frac{dT}{T}=(1-K)\frac{dv}{v},$$

en sorte qu'on a

$$\frac{dQ}{c}+T\frac{dn}{n}=T\frac{(\gamma-K)}{(1-K)}\left(\frac{dn}{n}+\frac{dT}{T}\right)$$

ou

$$\frac{dQ}{c}+\frac{\gamma-1}{K-1}T\frac{dn}{n}=\frac{K-\gamma}{K-1}dT$$

d'où

$$\frac{1}{c}\frac{dQ}{dT}+\frac{T}{n}\frac{\gamma-1}{K-1}\frac{dn}{dT}=\frac{K-\gamma}{K-1},$$

et, comme dQ/dT représente la chaleur spécifique relative à l'évolution considérée $\mathcal{C}$, on a

$$\mathcal{C}=c\frac{K-\gamma}{K-1}-c\frac{\gamma-1}{K-1}\frac{T}{n}\frac{dn}{dT}\quad(^{2}),$$

formule qui donne la chaleur spécifique cherchée $\mathcal{C}$ en fonction des chaleurs spécifiques principales C et c du mélange en l'absence de toute réaction chimique d'une part, et en fonction de la dérivée de la variation relative du nombre de molécules présentes par rapport à la variation relative de la température absolue, d'autre part

$$(1)\qquad \frac{T}{n}\frac{dn}{dT}=\frac{\frac{dn}{n}}{\frac{dT}{T}}.$$

Naturellement, la formule (1) précédente se réduit, le terme en dn/dT étant nul dans le cas où il n'y a pas d'évolution chimique, à celle que nous avons publiée antérieurement et mentionnée au début de cette Note.

Par ailleurs, la formule (1) peut être résolue par rapport à K, de manière à déterminer le coefficient polytropique en fonction de l'apport de chaleur par degré $\mathcal{C}=dQ/dT$ et de la variation relative du nombre de molécules par degré $(1/n)(dn/dT)$, ce qui donne

$$(2)\qquad K=\frac{\mathcal{C}-C-(C-c)\frac{T}{n}\frac{dn}{dT}}{\mathcal{C}-c}.$$

La formule (2) permet enfin de déterminer la condition nécessaire et suffisante pour qu'un mélange en évolution chimique évolue adiabatiquement comme si la réaction n'avait pas lieu. Pour obtenir cette condition, il suffit évidemment en effet d'écrire qu'on a $K=\gamma$, ce qui donne

$$\gamma\mathcal{C}-C=\mathcal{C}-C-(C-c)\frac{T}{n}\frac{dn}{dT},$$

d'où en simplifiant

$$c = \frac{dQ}{dT} = -c\frac{T}{n}\frac{dn}{dT}$$

ou

$$(3) \qquad \frac{dQ}{cT} + \frac{dn}{n} = 0.$$

On vérifie sur la formule (3) que la condition pour qu'une réaction chimique soit sans influence sur la loi de détente d'un mélange gazeux est qu'à tout dégagement de chaleur corresponde une diminution du nombre total de molécules présentes, et qu'à toute absorption de chaleur corresponde une augmentation de ce nombre de molécules satisfaisant à l'équation (3).

On prévoit en outre que tout dégagement de chaleur supérieur à celui qui est défini par la relation (3) tendra à accroître les volumes pendant la détente, donc à augmenter le travail de détente, tandis que la réaction chimique aura pour effet de diminuer ce travail si le dégagement de chaleur qui en résulte est inférieur à celui que définit l'équation (3).

RAYONS X. — *Sur les conditions déterminant la qualité des images obtenues par rayons* X *au moyen de lames cristallines.* Note (1) de M. **Pierre Selme**, présentée par M. Armand de Gramont.

Dans les recherches que nous avons poursuivies pour former des images avec les rayons X, nous avons d'abord pensé utiliser la réflexion sur cristal courbé, mais, pour éviter l'emploi de rayons mous, nous avons essayé d'opérer par transmission. Nous avons donc réalisé un montage permettant de faire tourner autour d'un rayon de courbure, une lame de mica courbée sur un cylindre de 10^{cm} de rayon. Une fente de $0^{mm},4$ limitait la hauteur des génératrices du cristal et un cache de plomb arrêtait le faisceau direct. Malgré ces précautions nous n'avons pas eu de résultats satisfaisants.

Cependant Mlle Cauchois (2) a pu obtenir des images au moyen d'un cristal immobile. Il y avait donc lieu d'étudier de plus près la formation d'images par cristal tournant.

Pour le mica, les plans réticulaires présentant un bon pouvoir réflecteur forment avec la normale un angle θ_0 qui est de $4°56'$ dans le cas le plus favorable (plans $\bar{2}$, 0, 1). La caustique d'une lame cylindrique, pour un point à l'infini, est alors une épicycloïde à deux points de rebroussement comme dans les miroirs cylindriques ordinaires, mais l'axe de rebroussement Δ forme un angle $2\theta_0$ avec la direction des rayons incidents. Le foyer se trouve à la distance $R/2$ sur cet axe (*fig.* 1).

(1) Séance du 18 novembre 1946.

(2) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 82.

Pendant la rotation du cristal autour d'un rayon de courbure, l'image se déplace. En inclinant l'axe de rotation D d'un angle θ_0 (rayon non dévié) le déplacement du foyer principal, au cours de la rotation, est réduit au minimum, mais l'axe de la caustique engendre un cône et la netteté s'en trouve altérée.

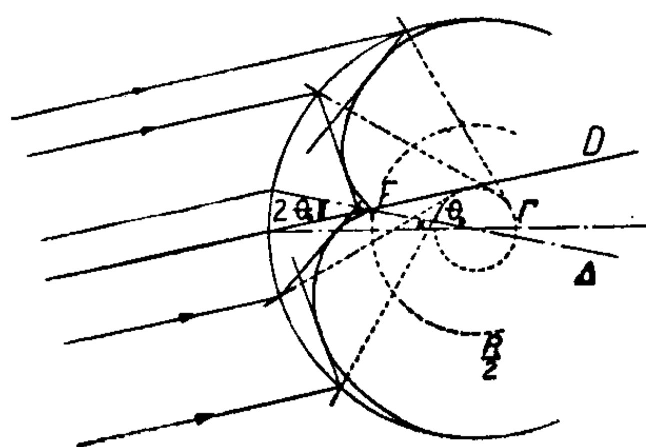


Fig. 1.

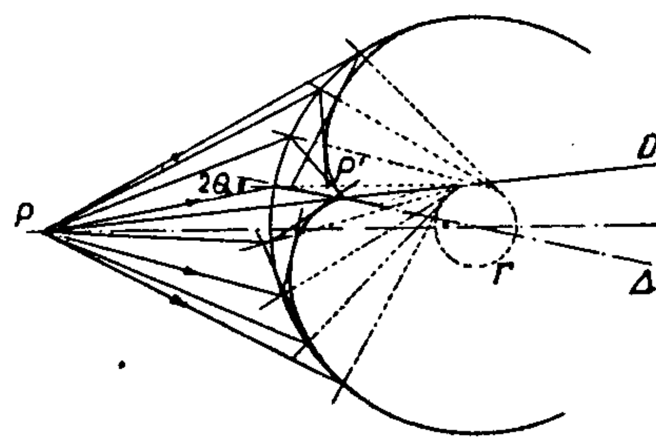


Fig. 2.

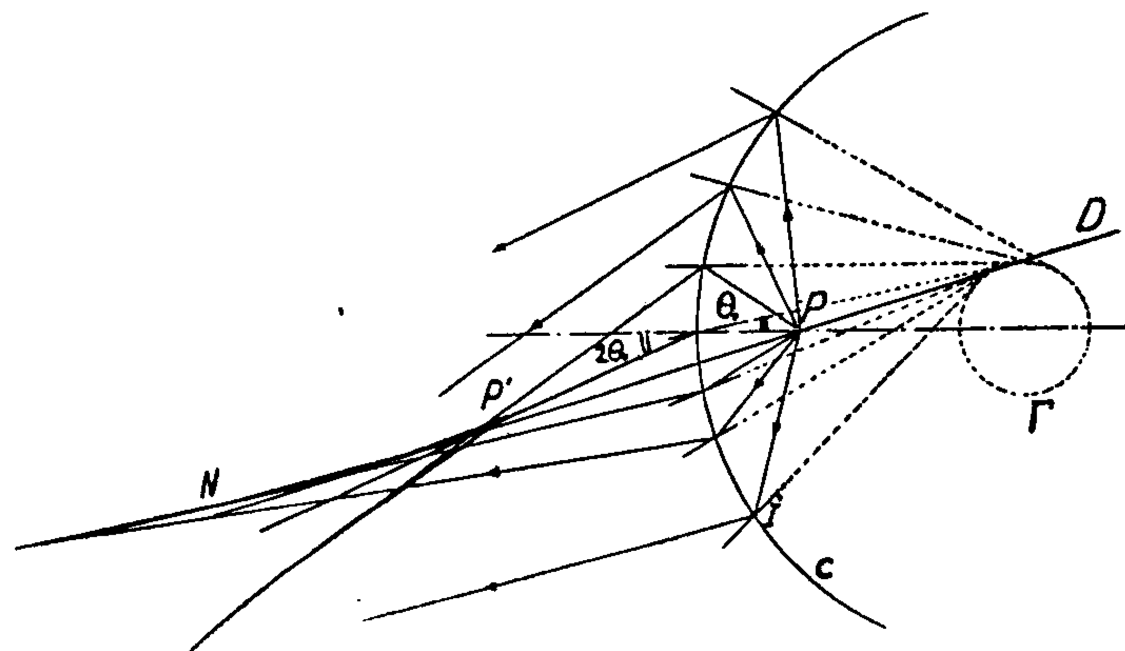


Fig. 3.

Si les rayons incidents sont légèrement inclinés sur l'axe de rotation D, le déplacement du foyer s'en trouve accru.

Lorsque l'objet P est à distance finie du côté convexe, on obtient une caustique dont la forme diffère peu de la précédente (*fig.* 2). Si l'objet P, au contraire, se trouve du côté concave entre le foyer et le sommet, cas où l'on a un grossissement positif, la caustique se décompose en une nappe virtuelle non figurée et une nappe réelle N (*fig.* 3) à deux branches infinies en forme de V assez fermé. La dispersion des rayons dans ce cas est plus grande que dans le cas précédent, où le grossissement est d'ailleurs inférieur à l'unité. Nous avons vérifié qu'avec un cristal concave, l'image se trouve de même altérée par une rotation.

Il semble qu'il soit préférable de constituer une image de grande définition, quitte à se contenter d'un grossissement égal à l'unité, l'agrandissement de cette image pouvant être obtenu par divers procédés, en particulier par association d'optique électronique. Une lame plane cristalline possédant des plans

réticulaires normaux à ses faces, éclairée par une source ponctuelle, donne une image stimagtique symétrique de l'objet, constituée par l'intersection de *n* droites formant entre elles les mêmes angles que les *n* directions de plans réticulaires perpendiculaires aux faces du cristal : c'est d'ailleurs un moyen de mesurer ces angles directement. Nous avons obtenu pour le quartz trois droites formant des angles de 60°.

Si le cristal était parfait et infiniment mince, l'intersection de ces droites serait rigoureusement ponctuelle. Lorsqu'on fait tourner la lame cristalline autour d'un axe quelconque perpendiculaire à son plan, ces droites tournent avec le cristal, leur intersection restant fixe. Il est possible ainsi d'obtenir une image assez peu contrastée, mais d'une grande définition. Si e est l'épaisseur du cristal et ω_0 le demi-angle d'ouverture, le rayon du cercle de moindre diffusion est $e \operatorname{tg} \omega_0$.

Les exemples qui précèdent montrent que l'optique réticulaire, tout en ayant de grandes analogies avec les phénomènes lumineux, demande une étude particulière tenant compte de la structure des cristaux.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Le rayonnement émis par les substances radioactives à désintégration* β. Note (¹) de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

La distribution continue en énergie des particules β et la nécessité de maintenir les principes de conservation de l'énergie et du moment ont conduit Pauli à suggérer l'émission simultanée d'une particule, le neutrino, dont la recherche, fort difficile, a fait l'objet de plusieurs tentatives expérimentales.

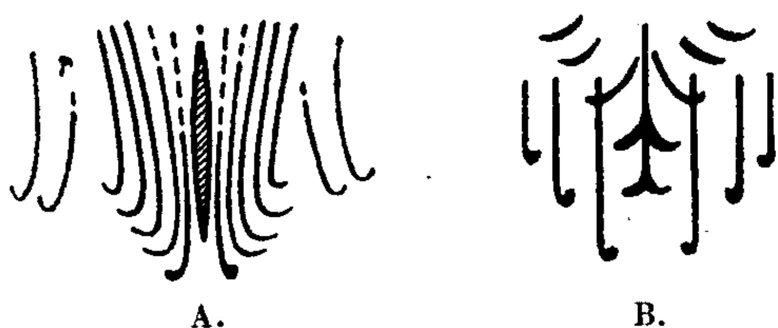
1. Des recherches m'avaient prouvé, en 1937, l'existence d'un rayonnement, accompagnant l'émission des spectres β du RaC et du RaE, dont la pénétration dans le plomb pouvait atteindre jusqu'à 3,3 g/cm² pour le RaC, c'est-à-dire *beaucoup plus* que celle des rayons β les plus rapides de cet élément (limitée à 1,35 g/cm²). Ce rayonnement se caractérisait, de plus, par des trajectoires ou des arcs paraissant difficilement imputables à des rayons β, tout au moins si l'on n'attribuait pas à ceux-ci de propriétés nouvelles. Par contre, ces arcs pouvaient être interprétés comme l'effet de particules chargées, extrêmement légères, portant un moment magnétique μ décelable, c'est-à-dire susceptibles de gagner ou de perdre de l'énergie dans un champ magnétique inhomogène, suivant leur sens d'orientation dans celui-ci. La pénétration de ces trajectoires dans les écrans augmentait d'ailleurs avec l'intensité du champ magnétique. Par ailleurs ces particules étaient chargées, positivement et négativement, mais étaient peu sensibles à l'action d'un champ électrostatique : en fait une influence faible, mais nette, a été observée pour les tensions comprises entre 15 et 40 KV.

(¹) Séance du 13 novembre 1946.

Si E est l'énergie de ces particules, on peut déduire de la courbure des trajectoires la quantité $\mu E/e^2c^2$, dont la valeur est trouvée 10^{11} fois plus grande qu'elle ne serait dans le cas des électrons les plus rapides.

L'ionisation produite par ces particules est très faible ; leur action photographique n'est décelable, semble-t-il, que pour les particules émises avec les énergies les plus petites ou encore pour celles ayant subi un ralentissement.

Mais le résultat le plus important est sans doute le suivant : si l'on parvient à réduire considérablement l'énergie initiale des particules, l'action photographique croît et l'on obtient de curieuses figures (voir A et B) rappelant des



stries d'interférences; elles indiqueraient l'existence d'états stationnaires dans le nuage de particules, qui permettent une mesure de la longueur d'onde λ_e. Le moment cinétique descendrait alors jusqu'à 10^{-28} g.cm.sec^{-1}, bien que la pénétration dépasse encore 1^{mm} de plomb. Une telle valeur du moment ne serait obtenue qu'avec des électrons de $10^{-13}\,e$V.

J'ajoute que la pénétration générale de ce rayonnement nouveau varie dans le même sens que celle de la radiation β l'accompagnant : c'est ainsi qu'elle est plus faible pour le RaE que pour le RaC.

2. De l'ensemble de ces résultats on peut déduire que la masse au repos m_0 de ces particules serait 10^{11} fois plus petite que celle de l'électron e. Leur charge, plus difficile à estimer, atteindrait, au plus, $10^{-4}e$. De telles particules ayant une charge petite, certes, vis-à-vis de celle de l'électron, mais non nulle, ne mériteraient plus le nom de neutrinos, mais plutôt celui d'électrinos. En admettant le spin $1/2$, leur moment magnétique, pris égal à $eh/4\pi m_0$, serait $\mu = 10^{-13}$ u. e. m. Toutes ces particules, même pour les plus ralenties, se déplaceraient à une vitesse voisine de c : il y aurait un spectre de masses $m_0\eta$, tel que η puisse atteindre la valeur 10^7. Alors même que e/m_0 de ces particules serait 10^7 fois plus grand que celui de l'électron $e/m_0\eta$ se rapprocherait de la valeur de la charge spécifique de l'électron, d'où la faiblesse des actions électrostatiques.

3. De telles particules des deux signes, de par leur faible masse au repos m_0, pourraient constituer, par association, le photon lumineux. La désintégration β serait la conséquence de la transition de l'état neutron à l'état proton, accompagnée de la création d'une paire électron-photon, se partageant l'énergie. Ce photon se désintégrerait aussitôt, dans le champ nucléaire même, en une paire d'électrinos positifs et négatifs.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la tripartition de l'uranium provoquée par la capture d'un neutron.* Note (1) de MM. **Tsien San-Tsiang, Raymond Chastel,** Mme **Ho Zah-Wei** et M. **Léopold Vigneron,** présentée par M. Frédéric Joliot.

La bipartition du noyau d'uranium sous l'action des neutrons est bien connue depuis 1939. Du point de vue énergétique, la fission en trois fragments (tripartition) est possible (2) et devrait même s'accompagner d'une libération d'énergie plus grande, d'environ 20 MeV. Avec un amplificateur proportionnel K. Lark-Horwitz et R. F. Schreiber (3) ont observé des impulsions de 130 MeV et ont pensé qu'elles pouvaient être dues à deux des fragments d'une tripartition.

Aucune preuve expérimentale de ce phénomène n'ayant été publiée (4), nous avons essayé la méthode de l'émulsion photographique. Une plaque Ilford *Half tone concentrated* a été imprégnée (5) d'une solution de nitrate d'urane à 20 %, séchée puis exposée aux neutrons lents obtenus avec le cyclotron du Collège de France. Le sel d'urane donne un effet d'affaiblissement photographique (6); en développant convenablement, on voit nettement les trajectoires des fragments de fission, les trajectoires des α sont formées de grains très espacés, les protons projetés ne sont pas visibles.

Nous avons fait une statistique de plus de 500 trajectoires rectilignes correspondant aux deux fragments d'une bipartition projetés en sens opposés (*fig.* A). Il est impossible de préciser le point où la bipartition a eu lieu. Le parcours total le plus probable est $22^{\mu},2$, l'énergie correspondante admise est 151 MeV (7); 1^{μ} d'émulsion dans le cas des fragments de fission équivaut sensiblement à 2^{mm} d'air (8). On observe parfois des noyaux projetés vers la fin du parcours et des trajectoires courbes dues à des petits chocs successifs (*fig.* B).

Tripartition. — Certaines trajectoires présentent l'aspect de tripartitions

---

(1) Séance du 18 novembre 1946.

(2) N. Bohr et J. A. Wheeler, *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 426; R. D. Present, *ibid.*, 59, 1941, p. 466.

(3) *Phys. Rev.*, 60, 1941, p. 156.

(4) Dans la conférence de *fundamental particles,* à Cambridge, en juillet 1946, M. Livesey a montré une photo dans laquelle la fission bipartite est accompagnée d'une particule α secondaire. M. Powell nous a communiqué cette photo.

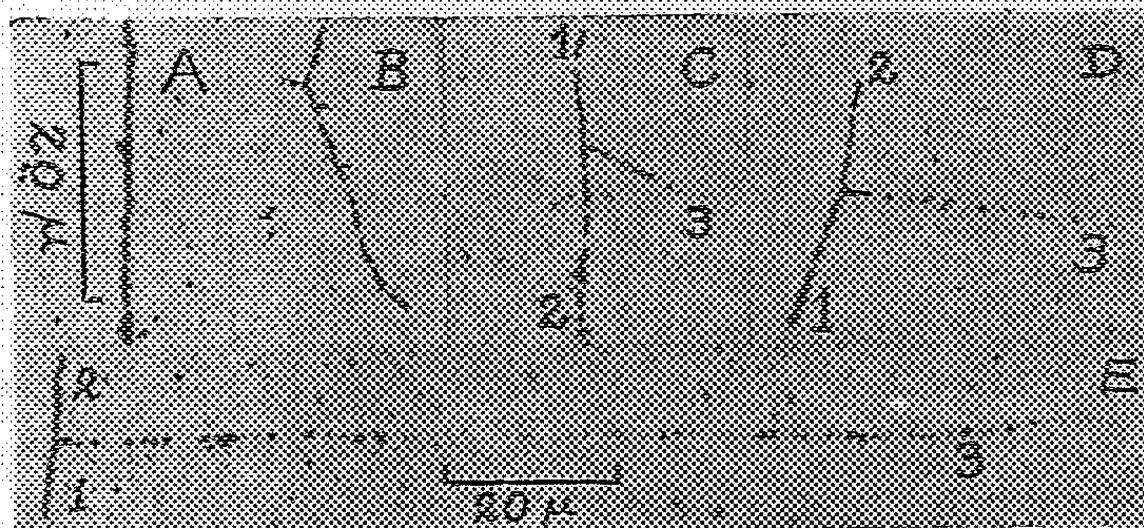
(5) Tsien Sang-Tsiang, R. Chastel, H. Faraggi et L. Vigneron, *Comptes rendus,* 223, 1946, p. 569.

(6) C. F. Powell, C. P. S. Occhialini, D. L. Livesey et L. V. Chilton, *Journ. Scient. Instr.*, 23, 1946, p. 102; L. L. Green et D. L. Livesey, *Nature*, 158, 1946, p. 272.

(7) A. Flammersfeld, P. Jensen et W. Gentner, *Zeits. Physik.*, 120, 1943, p. 450.

(8) J. K. Bøggild, K. J. Brostrøm et J. Lauristen, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 275; F. Joliot, *Comptes rendus,* 218, 1944, p. 488.

assez dissymétriques. Des analyses précises, portant sur les conservations d'énergie et d'impulsion, montrent qu'il est impossible d'attribuer celles que nous publions à la projection par un fragment de fission bipartite, d'un noyau d'un élément contenu dans l'émulsion photographique.



L'hypothèse de la tripartition, compte tenu des angles, des parcours et des pouvoirs d'arrêt pour les ions lourds (8), *permet de déterminer d'une façon unique les masses et les énergies de trois fragments en satisfaisant au principe de conservation de l'impulsion* (9). *Dans notre calcul, nous avons négligé l'impulsion emportée par les neutrons émis au moment de la fission* (10).

Pour deux cas où les trajectoires sont horizontales, nous avons les résultats suivants :

Fig. E. — $M_1 \sim 120$, $E_1 \sim 59$ MeV; $M_2 \sim 110$, $E_2 \sim 63$ MeV; $M_3 = 5 \pm 1$, $E_3 \sim 20$ MeV; $\Sigma E \sim 142$ MeV.

Le calcul n'exclut pas le cas d'une particule α pour M_3, mais l'espacement des grains comparé à celui des α de l'uranium semble indiquer $M_3 > 4$.

Fig. C. — $M_1 \sim 150$, $E_1 \sim 67$ MeV; $M_2 \sim 76$, $E_2 \sim 131$ MeV; $M_3 = 9 \pm 3$, $E_3 \sim 4$ MeV; $\Sigma E \sim 202$ MeV.

Fig. D. — Ici, le fragment léger sort de l'émulsion, l'espacement des grains est semblable à celui de la figure E. En admettant $M_3 = 5$, on trouve $M_1 \sim 93$, $E_1 \sim 80$ MeV; $M_2 \sim 137$, $E_2 \sim 49$ MeV et $E_3 \sim 75$ MeV (parcours $\sim 240^{cm}$ d'air); $\Sigma E \sim 204$ MeV. Nous avons observé plusieurs cas analogues à celui de la figure D.

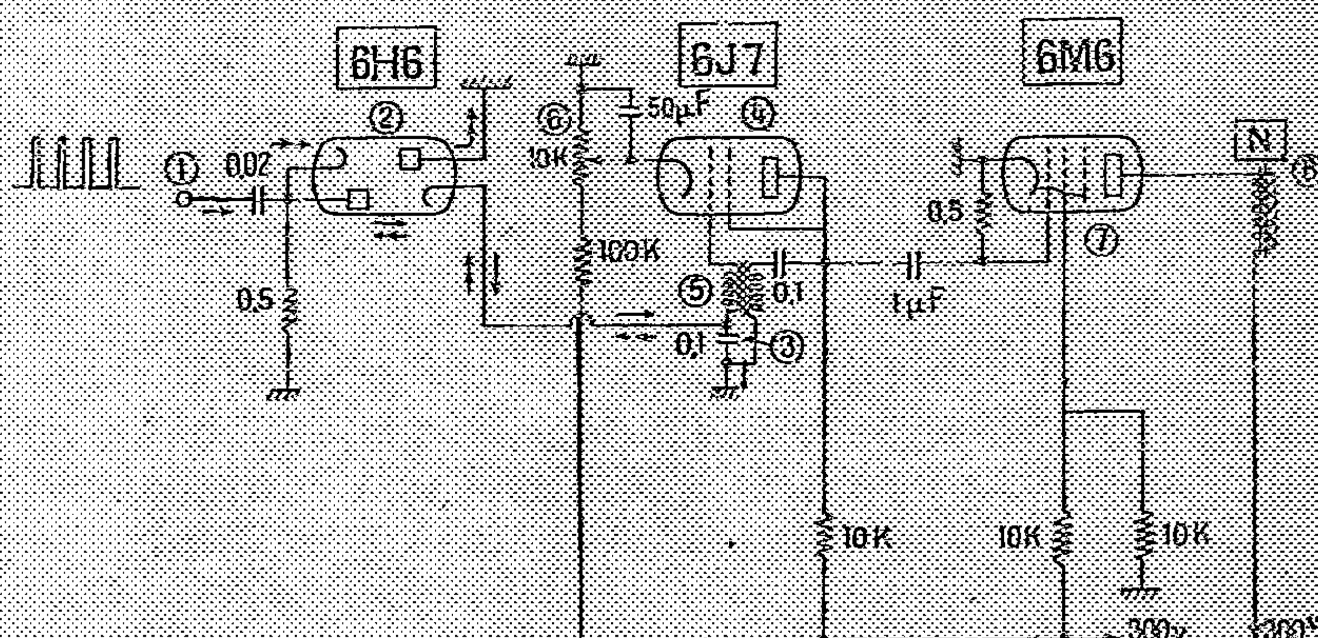
L'énergie totale (ΣE), déterminée à 20 % près, dans les cas examinés, est compatible avec les prévisions théoriques. La fréquence de la tripartition est inférieure au centième de celle de la bipartition.

---

(9) O. J. KNIPP et E. TELLER, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 659.
(10) H. VON HALBAN, F. JOLIOT et L. KOWARSKI, *Nature*, 143, 1939, pp. 470 et 680.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étage final d'un compteur électronique d'impulsions enregistrant une impulsion sur un nombre quelconque d'impulsions reçues.* Note (¹) de MM. Théo Kahan et Alexis Kwartiroff, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons conçu divers dispositifs sélectionneurs d'impulsions de différentes amplitudes (²). Dans l'un de ces dispositifs, on transforme les impulsions d'amplitude, de durée et de forme quelconques, en impulsions toutes de même durée, de même amplitude et de même forme. L'obtention de telles impulsions rigoureusement égales s'était jusqu'à présent heurtée à de grosses difficultés. Nous avons toutefois réussi à obtenir de telles impulsions en faisant appel à des oscillateurs bloqués, associés, à l'entrée, à des circuits différentiateurs de faible constante de temps. Les oscillations déclenchées par des impulsions quelconques à l'entrée produisent alors, à la sortie, des impulsions rigoureusement identiques, indépendantes de la nature des impulsions reçues. Ces impulsions identiques permettent l'application d'un étage d'accumulation pour la réalisation d'une échelle de n. Le dispositif d'accumulation donnait également lieu à de graves inconvénients, tels que instabilité du potentiel aux bornes de la capacité d'intégration. Nous avons levé ces difficultés en isolant soigneusement, entre autres, les circuits associés au condensateur intégrateur. L'étage final d'un de ces appareils dont nous donnons le schéma de montage, permet



d'enregistrer, à volonté, seulement une impulsion sur n. En utilisant plusieurs étages d'oscillateurs bloqués du type décrit, on peut atteindre, en principe, un n aussi grand qu'on veut. Les impulsions (1) provenant (voir la figure) de l'étage sélecteur chargent (flèches simples), par l'intermédiaire de la double diode (2), la capacité (3). La pentode 6J7 (4), montée en oscillateur bloqué

(¹) Séance du 18 novembre 1946.

(²) *Journal de Physique*, 1946 (sous presse).

à l'aide du transformateur (5), est convenablement polarisée par la résistance (6) pour bloquer toute oscillation. Quand la tension aux bornes de la capacité (3) atteint, précisément au bout de la $n^{\text{ième}}$ impulsion, la valeur critique de déblocage de l'oscillateur, la pentode devient le siège d'une oscillation intense. La tension de grille devenant fortement positive à ce moment, le courant de grille décharge rapidement la capacité (3) et la ramène au potentiel de la masse. Cette capacité ne peut pas se charger négativement, car toute charge négative s'écoule à travers les deux systèmes (cathode-anode-cathode-anode) de la double diode (4) (flèches doubles, sens du mouvement électronique). L'impulsion négative dans le circuit plaque de la pentode (4) est transmise à la pentode de puissance 6M6 (7) qui déclenche le numérateur mécanique (8). La valeur de n peut être réglée par la valeur de la capacité (3) et le potentiomètre (6). Il y a lieu de recommander une alimentation séparée pour l'étage de puissance afin d'éviter toute réaction sur le fonctionnement de la lampe oscillatrice (4).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Solubilité du gaz ammoniac dans l'éthanol et le méthanol anhydres, et densité des solutions.* Note de Mlle **Simone Hatem**, présentée par M. Paul Pascal.

La solubilité du gaz ammoniac à différentes températures et la densité de ses solutions ont été mesurées par plusieurs auteurs [1]; j'ai repris l'étude de cette question entre 0° et 40°.

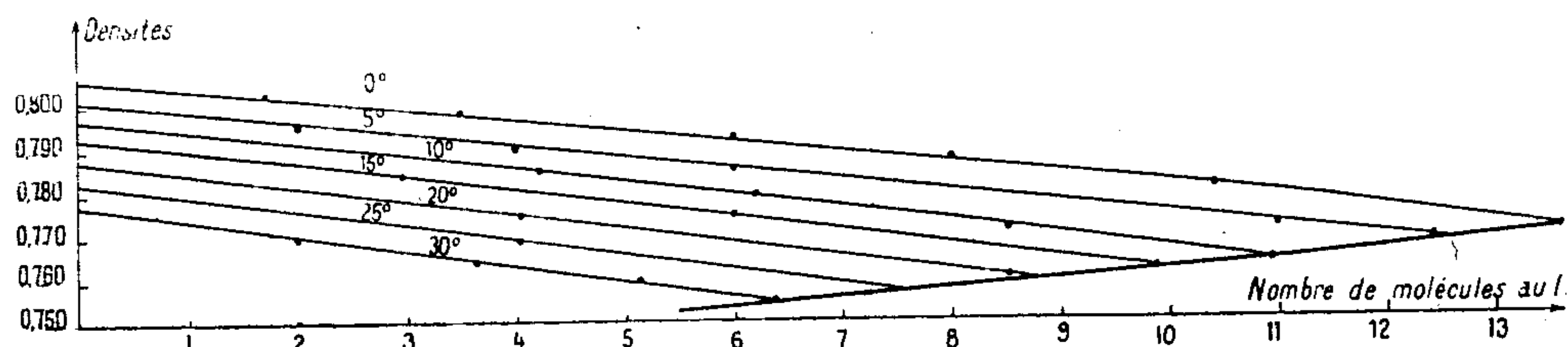


Fig. 1. — Densité des solutions d'ammoniac dans l'alcool méthylique.

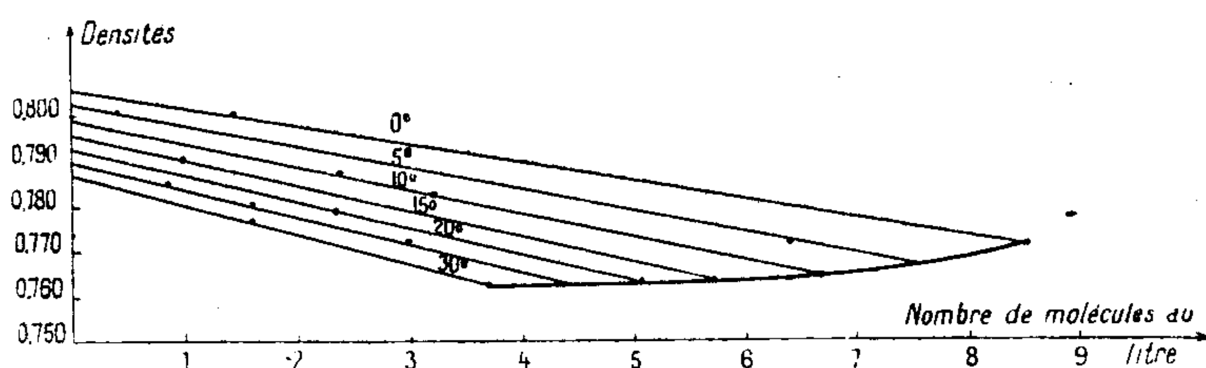


Fig. 2. — Densité des solutions d'ammoniac dans l'alcool éthylique.

L'appareil que j'ai fait construire et dont la description sera donnée ultérieurement ne comporte ni liège, ni caoutchouc; l'ammoniac bien desséché

[1] En particulier Delépine, *J. Pharm. Chim.*, [57], 25, 1892, p. 496; de Bruyn, *Rec. Trav. Chim.*, **11**, 1892, p. 112.

barbote directement dans l'alcool, placé dans un thermostat au 1/10 de degré, pendant une heure, sans contact possible avec l'air. On mesure le volume de la solution saturée dans l'appareil gradué au 1/10 de centimètre cube à la température du thermostat. Puis, grâce à la manœuvre de trois robinets, on introduit un volume d'eau très supérieur au volume de l'alcool.

Il y a une légère erreur provenant de la dissolution de l'ammoniac qui surmonte la solution, mais elle est inférieure à 10^{-5}. La teneur en ammoniac de la solution aqueuse est ensuite mesurée.

Les nombres trouvés sont plus grands que ceux de Delépine et surtout que ceux de de Bruyn. La solubilité est beaucoup plus grande dans le méthanol que dans l'éthanol.

Les densités ont été calculées par la méthode du flacon, modifiée pour éviter les surpressions. Le flacon est ouvert sous l'eau et l'ammoniac est dosé.

Les résultats sont donnés par les figures 1 et 2, sur lesquelles figurent la courbe de saturation en fonction des densités.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le déplacement du métal potassium de quelques sels par différents métaux.* Note de M. **Ernest Toporescu**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans une Note antérieure ([1]) j'ai montré que l'exaltation de la f. é. m. du couple argent-platine et l'inversion de polarité mutuelle de l'argent et du nickel, lorsque ces métaux sont en contact avec une solution concentrée d'iodure de potassium dans l'eau, sont dues à un déplacement du métal potassium de l'iodure par le métal argent.

Un phénomène tout à fait semblable se produit cette fois avec les couples or-platine, or-nickel, les métaux étant en contact avec une solution diluée de cyanure de potassium.

En effet la différence de potentiel entre les métaux or-platine qui est dans de l'eau distillée de l'ordre de 0,105 volt, est exaltée, et atteint la valeur de 0,734 volt lorsque le même couple est dans une solution de cyanure de potassium à 1 %.

De même, le couple or-nickel nous montre une inversion de polarité si les métaux sont en présence d'une solution de cyanure car, dans ce cas, le métal or est négatif par rapport au métal nickel.

La conclusion qui se dégage de ces expériences est la même que dans le cas précédent, c'est-à-dire qu'il y a un déplacement lent et continu du métal potassium du cyanure déterminé par le métal or.

Ce déplacement du métal potassium de la solution de cyanure par le métal

---

([1]) *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 602.

or peut être d'ailleurs mis en évidence d'une manière assez simple. Nous n'avons qu'à observer, pendant quelques heures, la différence de potentiel qui existe entre le métal or, déposé électrolytiquement sur une lame de platine, et le métal nickel, le couple étant en contact avec une solution de cyanure de potassium.

La différence de potentiel qui est de l'ordre de 0,170 volt se maintient, dans mes expériences, constante pendant à peu près six heures. Après ce temps elle diminue jusqu'à ce qu'elle devienne zéro, pour reprendre après quelques minutes, une valeur maximum. Cette variation dans la différence de potentiel est accompagnée d'une inversion de polarité entre les électrodes; l'électrode sur laquelle on a déposé le métal or qui, au commencement était le pôle négatif de la pile, devient positive à la fin de l'expérience.

Pour expliquer ces deux phénomènes, nous n'avons qu'à constater ce qu'est devenu le métal or qui, dans la première partie de nos expériences, jouait le rôle d'électrode négative. Dans ce cas, on constate que ce métal ne se trouve plus sur la lame de platine; il a donc dû réagir avec le cyanure en en déplaçant le potassium. Le potassium, ainsi déplacé, imprime à l'électrode, sur laquelle a lieu la réaction chimique, une polarité négative par rapport à celle du nickel. Cette polarité se maintient jusqu'à ce que le métal or passe entièrement dans la solution. Une fois cette opération finie, la lame de platine, sur laquelle a été déposé électriquement le métal or, vient à son tour jouer le rôle d'électrode, mais, cette fois, elle est positive par rapport au nickel. Comme résultat, nous avons une inversion de polarité pour la même électrode, inversion qui produit une variation dans la différence de potentiel de la pile.

Donc, les phénomènes observés, avec les piles étudiées, sont la conséquence de la réaction entre le métal or et le cyanure de potassium, le métal potassium étant déplacé d'une manière continuelle de son sel par le métal or.

EFFET RAMAN. — *Étude de l'intensité de quelques raies Raman fonctionnelles au sein d'une série chimique*. Note (¹) de M. **Philippe Traynard**, présentée par M. Jean Cabannes.

La présence de certaines fonctions dans la molécule se trahit dans leur spectre Raman par l'apparition d'une raie déterminée qui se retrouve à l'intérieur de la série avec une fixité remarquable. J'ai examiné si l'intensité de cette raie était aussi constante que la fréquence pour 3 séries de corps courants :

les carbures éthyléniques en bout de chaîne (raie 1640 cm^{-1});

les carbures benzéniques (raie 1000 cm^{-1});

les méthylcétones (raie 1715 cm^{-1}).

Lorsqu'on passe d'un terme au suivant, le poids moléculaire M et la densité

(¹) Séance du 19 août 1946.

d varient. Si l'on emploie un même tube pour faire les mesures et si l'intensité de la raie fonctionnelle pour une molécule est la même, les intensités totales observées sont entre elles comme

$$\frac{I}{I'} = \frac{d}{d'} \cdot \frac{M'}{M}.$$

1° *Carbures éthyléniques en bout de chaîne.* — Je les ai synthétisés depuis l'hexène 1 jusqu'à l'undécène 1 par la pyrolyse de l'acétate correspondant suivant la technique de Wibaut et Van Pelt (²). On a un carbure très pur qui donne les résultats résumés par la figure 1.

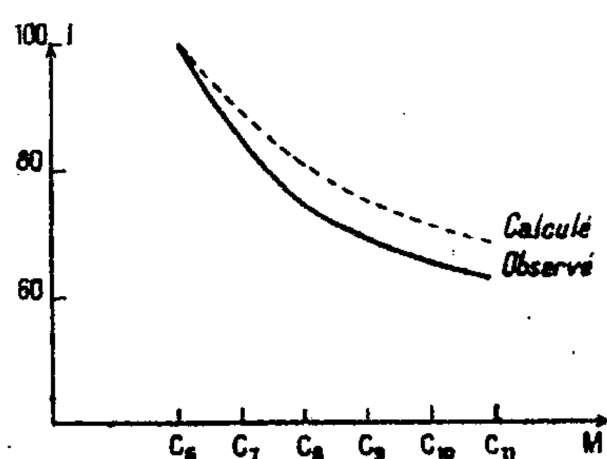


Fig. 1.

Il y a donc bon accord entre la théorie et l'expérience.

2° *Carbures benzéniques.* — J'ai examiné la raie 1000 cm⁻¹ pour les corps suivants : benzène, toluène, éthyl benzène, *ortho-*, *méta-* et *para-*xylène, mésitylène, tri-éthyl benzène sym. Les résultats des mesures sont résumés par la figure 2.

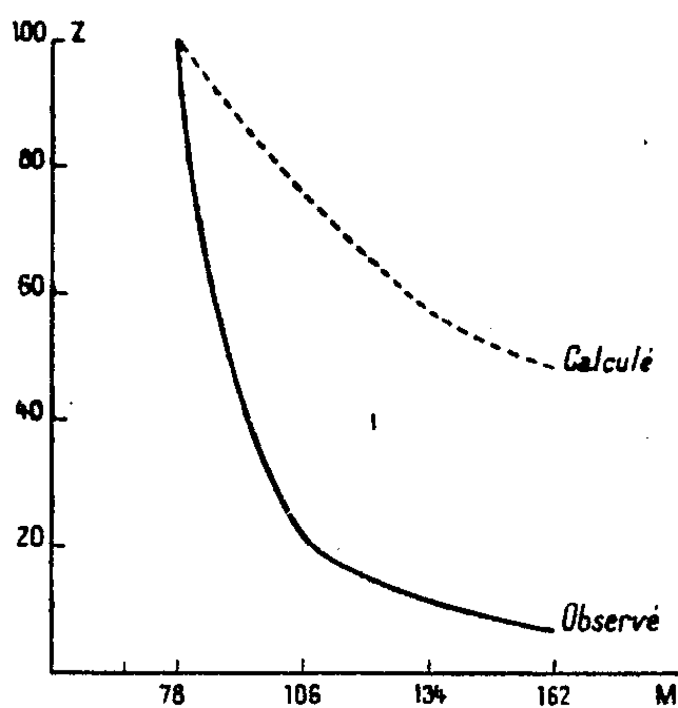


Fig. 2.

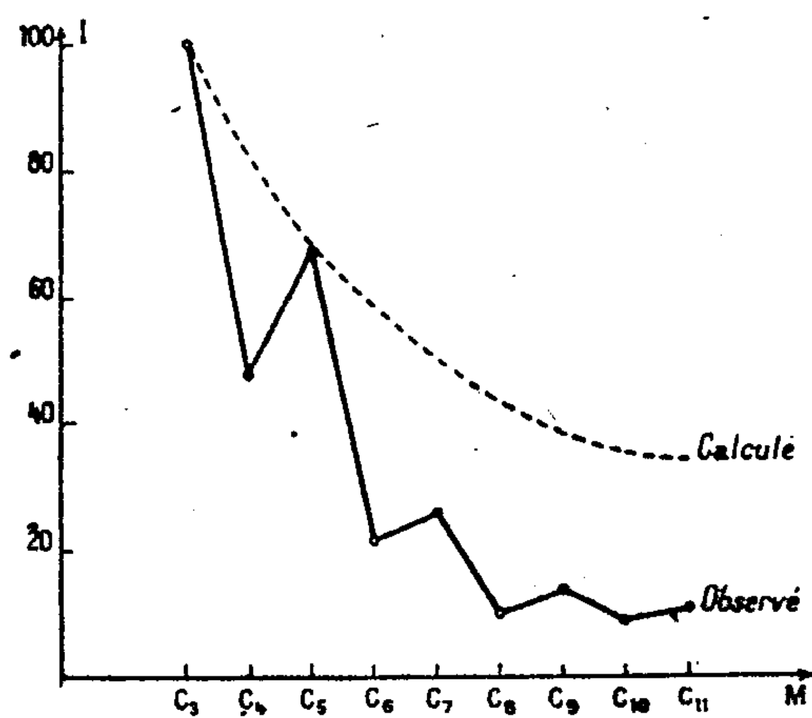


Fig. 3.

L'accord n'est plus du tout aussi bon. Il est probable que les ramifications inhibent fortement les vibrations du noyau.

(²) *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 57, 1938, p. 1055.

3° *Méthylcétones.* — Elles ont été synthétisées par la méthode de Pickard et Kenyon ([3]). J'ai examiné la raie 1715 depuis la méthyl méthylcétone jusqu'à la méthyl nonyl cétone. Les mesures ont conduit à la figure 3.

On a donc un phénomène extrêmement curieux et inattendu qui trahit certainement une interaction moléculaire profonde.

Nous pensons que l'étude systématique des intensités nous conduira prochainement à une connaissance plus complète de la constitution des liquides organiques.

EFFET RAMAN. — *Influence de la température sur le spectre Raman d'un cristal de sel de Seignette.* Note ([1]) de M. **Jean Chapelle**, présentée par M. Jean Cabannes.

Afin d'élucider les transformations qui se produisent entre —10°C et +24°C. dans le sel de Seignette cristallisé (tartrate double de sodium et de potassium, $4H_2O$), il nous a semblé intéressant d'étudier le spectre de ce corps à différentes températures. Nos expériences ont porté sur un monocristal placé successivement à +18°C. et —70°C. sous la même orientation.

Spectre A, +18°C. — On peut distinguer : *a. Un spectre de basse fréquence*, dû aux pivotements qui se produisent à l'intérieur du cristal :

Fréquences en cm^{-1}	38	98±20	132
Intensités ([2])	m	m	m

Ces fréquences ont été vraisemblablement observées par T. M. K. Nedungaki ([3]). Il nous a été impossible jusqu'à présent d'obtenir la communication de cet article.

b. Un spectre de moyennes fréquences :

Fréquences en cm^{-1}	485	533	559	614	812	850	894	921	991	1072
Intensités	f	FF	f	m	F	m	F	ff	FF	F

Fréquences en cm^{-1}	1119	1209	1293	1348	1387	1415	1434	1598±30
Intensités	ff	F	F	F	FF	f	m	Bande ff

On observe de plus un fond continu nettement délimité entre 1348 et 1434 cm^{-1}.

Les valeurs ainsi obtenues sont en assez bon accord avec les résultats de Canals et Peyrot ([4]). En opérant sur le sel de Seignette en poudre par la

([3]) *J. Chem. Soc.*, **99**, 1911, p. 56.

([1]) Séance du 13 novembre 1946.

([2]) FF, très intense; F, intense; m, moyen; f, faible; ff, très faible.

([3]) *Indian Acad. Sci. Proc.*, A, **1**, 1940, pp. 413-421.

([4]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1120.

méthode des filtres complémentaires, ils ont trouvé 1213, 1293, 1348, 1391, 1435, 1639 cm^{-1}.

c. Un spectre de grandes fréquences :

Fréquences en cm^{-1}....	2940	2986	3277±25	3407±18	3478	3537
Intensités..............	FF	FF	F bande diffuse	F	f	ff

Les deux dernières raies n'apparaissent que sur les clichés très fortement surexposés. On observe de plus une large bande 3345±215 cm^{-1} qui se superpose au spectre précédent et possède une assez forte intensité.

Canals et Peyrot trouvent dans ce domaine les fréquences suivantes : 2940, 2987, 3244, 3417, 3472 cm^{-1}. Il est vraisemblable que le fond continu qui apparaît toujours lorsqu'on opère par la méthode des poudres les a empêchés d'observer l'aspect total du spectre.

Ces résultats ont été obtenus à l'aide de la raie 4047 Å du mercure comme raie excitatrice. Le cliché contient également quelques raies de grande fréquence

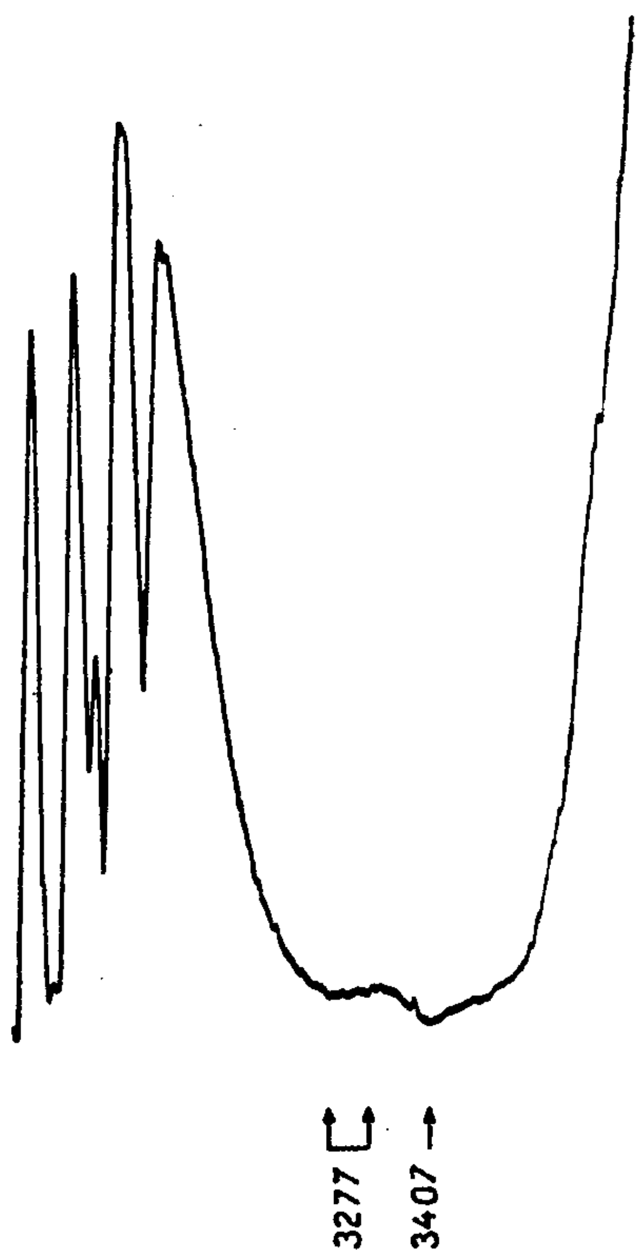


Fig. 1. — Grandes fréquences du spectre à 18° excité par 3665 Å.

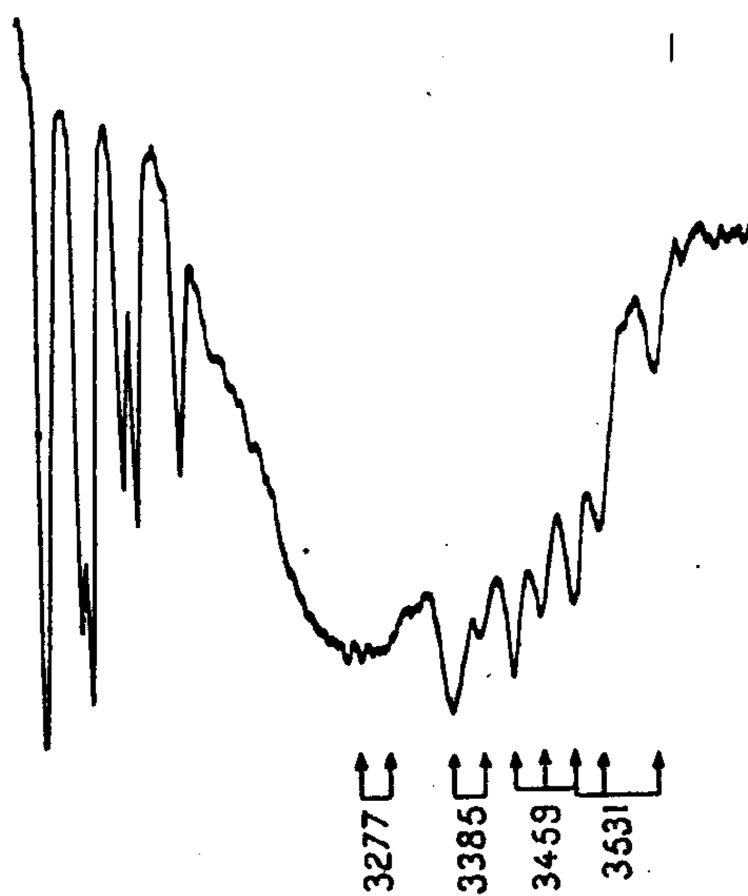


Fig. 2. — Grandes fréquences du spectre à — 70° excité par 3665 Å.

excitées par le triplet 3665 Å du mercure qui traverse faiblement le filtre. Cela nous a conduit à faire un cliché en utilisant comme raie excitatrice ce triplet. L'enregistrement du spectre obtenu pour les grandes fréquences est représenté figure 1.

Spectre A — 70° C. — Afin d'opérer le plus rapidement possible, nous n'avons utilisé jusqu'à présent que le triplet 3655 Å du mercure comme raie excitatrice. Nous ne donnerons donc que le tableau des fréquences pour leurs grandes valeurs.

Fréquences en cm^{-1}........	2940	2986	3277	3459	3531
Intensités.................	F	F	F	F	*m*

On observe en outre une bande 3300 ± 170 cm^{-1} beaucoup plus faible que celle qui lui correspond à température ordinaire.

L'enregistrement du cliché correspondant aux fréquences précédentes est représenté figure 2.

Comparaison des résultats obtenus. — On constate de grandes différences entre les deux spectres pour le domaine des fréquences supérieures à 3000 cm^{-1}, qui sont imputables aux molécules d'eau ou aux groupements OH de la molécule :

la bande large et diffuse 3277 ± 25 cm^{-1} semble être commune aux deux spectres;

la bande plus étroite et plus intense que la précédente qui, à + 18° C., a son centre placé à 3407 cm^{-1} se trouve à 3389 cm^{-1} pour — 70° C.

le fond continu 3345 ± 215 cm qui existe à 18° C. s'affaiblit très fortement pour — 70° C. Par contre, il apparaît aux basses températures les deux raies 3459 et 3531 cm^{-1} dont l'intensité est infiniment plus grande que celle des raies 3478 et 3537 cm^{-1} qu'on observe à 18° C.

Des expériences portant sur des températures plus nombreuses sont en cours afin de déterminer la manière dont on passe du spectre à — 70° C. à celui relatif aux températures élevées.

ÉLECTROCHIMIE. — *Production d'hydrate de cobalt par électrolyse d'une solution de sulfate*. Note (1) de M. **Albert Nicol**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Dans les conditions décrites précédemment (2) il a été procédé aux électrolyses de solutions de sulfate de cobalt dont les normalités sont comprises entre N/5000 et N.

Il est constaté pour N/5000 la formation d'un dépôt brun accompagné d'un dégagement d'hydrogène. Ce dégagement a lieu également pour les solutions N/1000, N/500 et N/200, mais le précipité cathodique prend pour ces concentrations l'aspect initial bleu ardoise, puis de petits globules apparaissent et

(1) Séance du 27 novembre 1946.

(2) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 491; **222**, 1946, p. 382; **222**, 1946, p. 1034.

s'agglutinent en devenant vert foncé. Avec les solutions N/10 et N le dégagement d'hydrogène n'est pas visible et il se forme un dépôt de cobalt métallique.

Il a été effectué des préparations d'hydrates. L'appareil utilisé a été décrit par M. Pierre Jolibois ([3]); il permet le mélange quasi instantané d'une solution N/10 de sulfate de cobalt avec successivement des solutions de soude N/40, N/30, N20, N/10, 2N/10, 3N/10 et 4N/10. Les précipités formés sont désignés

Normalité.	pH avant électr.	pH après électr.	Poids du dépôt formé pendant l'électrol.	Métal théoriquement déposé selon la loi de Faraday.	Dosage du cobalt dans le précipité.	Dosage du cobalt contenu sous forme d'hydrate dissous dans la solution.	Pourcentage de cobalt dans le précipité.	Rendemt total par rapport à la loi de Faraday.
N/5000...	5	6,8	1,8[a]	12,6	0,9	4,4	7	42
» ...	–	6,9	1,5	12,4	0,6	5,3	5	47
N/1000...	4,75	7,2	16,3	27,7	8,4	8,9	30	63
» ...	–	7,2	13,4	25,1	7,9	10	28	67
» ...	–	7,2	13,9	25,6	7,3	10	28	67
N/500....	4,5	7,2	34,4	38,9	19,7	7,7	50	70
»	–	7,2	26,1	31,5	15,6	6,5	49	70
N/200....	4,15	4,6	38,7	31,6	23	–	72	72[b]
»	–	4,6	37,4	31,6	22,2	–	70	70[c]
N/10.....	3,2	3,05	37,4	45,9	37,4	–	81	81
»	–	–	37,8	46,2	37,8	–	82	82
N........	2,35	2,4	39,5	45,7	39,5	–	86	86

([a]) Tous les poids sont exprimés en milligrammes.
([b]) et ([c]) Le dosage de l'ion SO_4 accuse une quantité de $0^{mg},9$ et $1^{mg},4$ de cobalt à l'état de sulfate.

par les lettres A, B, C, D, E, F, G. Les précipités A, B, C sont verts, D marron clair et E, F, G bruns. L'analyse donne

	Cobalt. Poids de la pèse.	Cobalt dosé.	CO %.	SO_3. Poids de la pèse.	SO_4 %.
A..............	193,8	100,0	51,6	88,4	16,3
B..............	198,2	103,8	52,3	316,9	17,8
C..............	221,6	118,2	53,3	311,0	16,5
D..............	222,7	132,6	59,5	328,2	4,1
E..............	239,0	150,8	63,1	323,7	0,9
F..............	217,4	133,8	63,8	317,7	0,7
G..............	224,0	148,4	66,2	338,1	0,7

L'analyse par pesée continue, par la méthode de Guichard, en fonction de la température, a permis de classer les précipités.

([3]) *Comptes rendus*, **169**, 1919, p. 1161.

1° Les précipités A, B, C perdent successivement l'eau d'imbibition jusqu'à 160°, une première fraction de l'eau d'hydratation vers 350° et une seconde au-dessus de 900°; entre temps on observe à 800° la décomposition du sulfate. Le résidu final à 1000° est CoO.

2° Les précipités D, E, F, G sont complètement desséchés par le maintien au dessiccateur; ils perdent par chauffage leur eau d'hydratation également en deux phases, d'abord aux environs de 140°, puis près de 900°, avec toujours comme terme final CoO.

On conclura à l'existence d'un sulfate basique vert pour les catégories A, B, C avec la formule SO_4Co, $3Co(OH)_2$ avec probablement H_2O et d'un hydrate intermédiaire entre $Co(OH)_2$ et CoO de formule 3CoO, H_2O stable de 450 à 850°.

La variété rose ([4]), déjà signalée, a été reproduite et correspond aux précipités D.

La variété bleue ([5]), déjà connue et que nous avons effectivement observée, n'a pu être conservée dans les conditions de l'expérience; elle doit correspondre à une forme première qui se transforme ensuite sous l'action du milieu.

Par électrolyse des solutions étendues il précipite en général des dépôts analogues aux précipités A, B, C, exception faite pour la solution N/5000 pour laquelle le dépôt marron se rapproche des précipités E, F, G obtenus avec un excès de base, ce qui confirme la concentration en ions OH autour de la cathode.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les domaines d'inflammation spontanée des mélanges d'acétal diéthylique et d'air.* Note ([1]) de MM. **Pierre Dugleux** et **Paul Laffitte**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une précédente Note ([2]) nous avons décrit les domaines d'inflammation des mélanges à 2 % d'acétal diéthylique dans l'air pour les pressions inférieures à 760mm. Dans la présente Note nous résumons les résultats de déterminations faites, à l'aide du même dispositif expérimental, pour d'autres concentrations en acétal et variant de 1 à 4,5 %.

D'une manière générale la surface de tous les domaines (flammes froides, luminescences et flammes brutales) diminue avec la concentration, sauf pour la zone des flammes à très long retard dont la courbe limite ne se déplace sensiblement pas, mais qui disparaît brusquement au-dessus de 2,55 %.

([4]) Weiser et Milligan, *Journ. Phys. Chem.*, 36, 1932, p. 722.

([5]) Hantzode, *Zeits. anorg. allgem. Chem.*, 73, 1912, p. 304.

([1]) Séance du 2 décembre 1946.

([2]) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 661.

Dans la région des *flammes froides* (délimitée par ABCDE) la portion AB a une position constante quelle que soit la concentration. Mais si le minimum B a la même valeur pour les faibles concentrations (1 et 2 %), il décroît ensuite (de 100^{mm} par exemple lorsqu'on passe de 2 à 2,7 %). Le point de rebroussement C s'élève et l'importance de la seconde boucle CDE diminue rapidement quand la concentration décroît. Aussi peut-on penser que, dans le mélange à 2 % précédemment étudié [1], la région hachurée située à droite de C correspond à une telle boucle. Les retards toujours très faibles sont maximum pour la concentration 2,7 %.

Dans la région des *luminescences* (délimitée par CFG) une diminution de la teneur en acétal entraîne une élévation du minimum F et un rétrécissement du domaine. Les retards décroissent et leur maximum (noté sur la courbe) se déplace vers les pressions plus élevées. Les zones de superposition des luminescences et des flammes froides (région C'F'DE) ou des flammes brutales (région hachurée) ne sont importantes que pour 2,7 %.

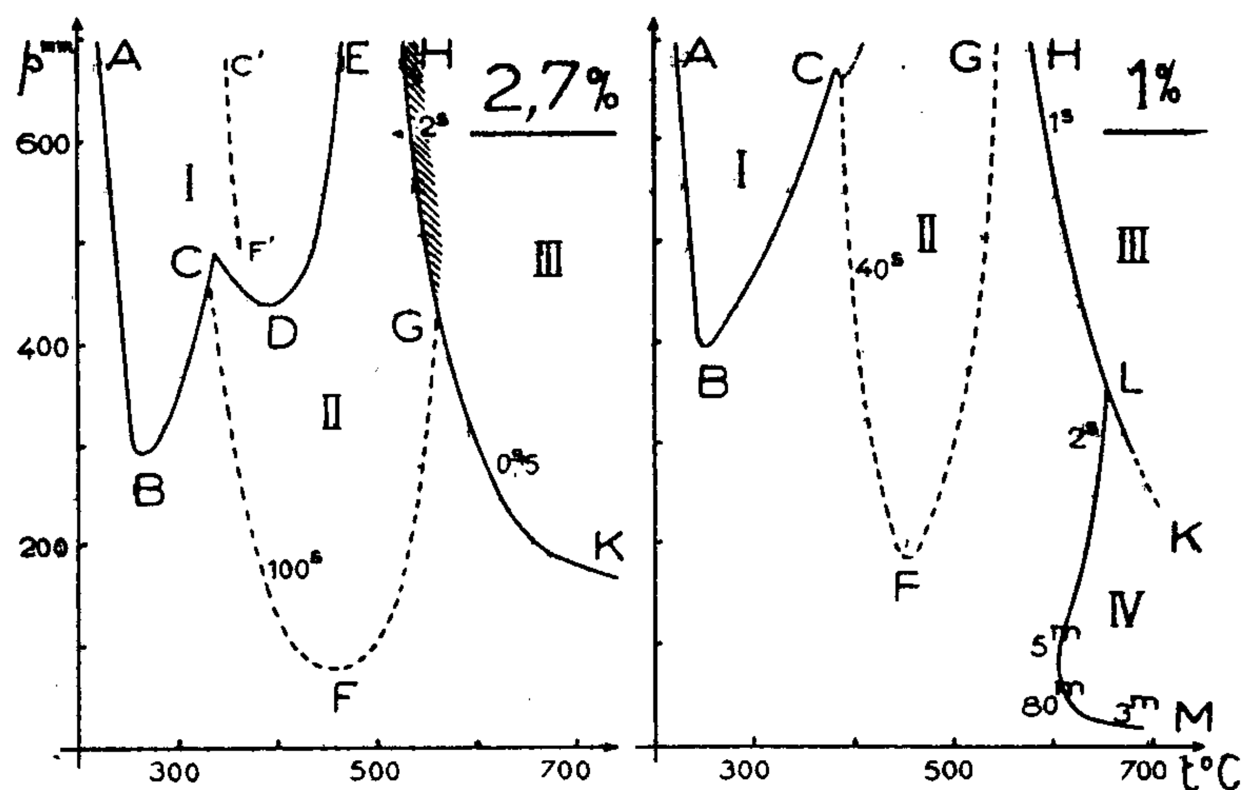


Fig. 1. Fig. 2.

Dans la région des *flammes brutales* (limitée par HK) l'inflammation est d'autant plus facile, et les retards d'autant plus longs, que la concentration est plus élevée. Quand cette dernière diminue la courbe HK ne se déplace pas, parallèlement à elle-même, mais son rayon de courbure augmente. Les flammes sont bleu clair jusqu'à 2 %, blanches et éblouissantes entre 2 et 3 %, vertes à 4,5 %.

La région des *flammes à long retard* (délimitée par MLK) est à peu près invariable pour les concentrations inférieures à 2,3 %. Mais au delà et jusqu'à 2,55 % la limite LM est pratiquement impossible à déterminer; la sensibilité du mélange à l'activation devient très grande et il est nécessaire avant de commencer une série d'expériences de produire une flamme brutale dans le récipient. Au-dessus de 2 % les retards croissent avec la concentration; en même temps la luminosité diminue et à partir de 2,7 % on n'obtient plus de flamme à long retard.

L'influence de la *pression partielle d'azote* a été étudiée par comparaison entre le mélange air-acétal à 2 % d'acétal et un mélange identique à celui-ci, mais dans lequel la pression partielle d'azote a été réduite à 1/10 de sa valeur. Si l'effet est inappréciable sur les flammes froides, par contre il est très important pour les flammes brutales. Ainsi pour une pression donnée d'oxygène et

d'acétal, la température d'inflammation croît de 30 à 50° (suivant le point de la courbe) lorsqu'on passe du premier mélange au second; en même temps la violence des flammes devient considérable. Pour les flammes à long retard, la courbe est déformée et coupe celle des mélanges à teneur normale en azote, de manière telle que pour les plus hautes presssions l'inflammation soit facilitée.

L'influence de *l'argon* a été étudiée par comparaison avec le mélange à 2 % en remplaçant l'azote par le gaz rare. Elle est négligeable pour les flammes froides. Mais pour les flammes brutales, si elle est très faible pour les pressions élevées, elle peut vers 300^{mm} abaisser le point d'inflammation de 15 à 20°. Enfin on a un effet analogue sur la partie supérieure de la courbe LM des flammes à long retard. On notera que, sur l'inflammation brutale, les effets de la pression partielle d'azote, et de la substitution de l'argon à l'azote, sont conformes aux prévisions de la théorie des réactions en chaîne.

Enfin il est remarquable que les diagrammes relatifs à l'acétal diéthylique et à l'hexane normal ([3]), de formules brutes $C_6H_{14}O_2$ et C_6H_{14} respectivement, soient à peu près identiques aux hautes températures (courbes des flammes brutales et des flammes à long retard).

MÉTALLURGIE. — *Sur une double structure de l'acier.*

Note de M. **Louis Colombier**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Lorsqu'on provoque, par flexion, la rupture au choc d'un barreau d'acier brut de trempe, on constate que la cassure est intergranulaire ; le grain ainsi mis en évidence correspond à celui de l'austénite formée lors du chauffage avant la trempe. Cette cassure intergranulaire s'observe encore lorsque l'acier est soumis, après la trempe, à un revenu à une température qui peut être d'autant plus élevée que le chauffage pour la trempe a été fait lui-même à une température plus haute. On est ainsi conduit à admettre la persistance dans la martensite d'une hérédité des joints de l'austénite : ces phénomènes sont surtout sensibles avec certains aciers alliés, et l'étude de la surchauffe a permis d'observer assez de faits concordants pour que ces conclusions puissent être maintenant admises ([1]).

On peut faire, à cet égard, une expérience particulièrement frappante. Si nous faisons subir à un acier, sensible à la fragilité de revenu, une trempe à haute température (1250° par exemple) suivie d'un revenu à 600° avec refroi-

---

([3]) E. Fréling et P. Laffitte, *Trans. Farad. Soc.*, **42**, 1946, p. 328.

([1]) L. Colombier, *Bull. C. E. M.*, **3**, 1942, pp. 146-158 et 265-268; **4**, 1945, pp. 229-232; voir aussi la Communication de A. Preece, A. Hartly, S. E. Meyer et J. Nutting (*Iron and Steel Institute de Londres*, juin 1946), celles de Wollman et Kirkby, de Goodrich, de Merchant à la même réunion et la discussion qui a suivi ces Communications (intervention de P. Bastien).

dissement rapide, nous observons, après rupture du barreau d'essai, une cassure intergranulaire. Si, après ce traitement, l'acier est soumis à une trempe normale (850°) suivie d'un revenu à 600° avec refroidissement rapide, il paraît parfaitement régénéré et la cassure est *à nerf* sans traces du grain primitif. Pourtant, il suffit de soumettre ce barreau à un traitement lui attribuant la fragilité de revenu (maintien à 500°) pour que la cassure soit de nouveau intergranulaire, la grosseur du grain correspondant à la trempe antérieure à haute température. Ainsi l'hérédité de la surchauffe primitive était seulement dissimulée par la seconde trempe et persistait en réalité dans la structure du métal sans que d'ailleurs rien ne puisse la révéler par l'examen micrographique habituel.

On pourrait attribuer cette hérédité à la structure même de la martensite dont les aiguilles se développent à l'intérieur des grains de l'austénite et à partir des joints de ces grains, gardant ainsi la trace de la structure austénitique. Mais on constate la persistance de cette hérédité à travers plusieurs trempes successives et son apparition dans une martensite qui n'a plus aucun rapport avec l'austénite primitive. Il faut donc chercher une autre explication de ces faits. Nous proposons la suivante.

Lorsque l'acier est à l'état austénitique, il est constitué par une solution solide des éléments d'alliages et des impuretés dans le fer γ. Seuls restent hors solution des carbures hypereutectoïdes ou eutectiques, ou des inclusions non métalliques dont la solubilité est, sinon nulle, du moins extrêmement faible. L'austénite a été formée par un processus de germination et croissance : elle est constituée par des grains dont la croissance a été limitée par la rencontre avec des grains progressant depuis des germes voisins. Nous pensons qu'une telle solution solide, même lorsque le temps de chauffage a été suffisant pour que tous les processus de diffusion soient achevés, n'est pas parfaitement homogène. Nous nous appuyons sur des idées énoncées par Benedicks (²) qui pense qu'il existe à la surface de contact entre deux grains d'un métal une tension superficielle, analogue à celle existant à la surface de contact entre deux liquides ou entre liquide et solide. Or on sait que les corps qui, en solution dans un liquide, en modifient la tension superficielle, donnent lieu, au niveau de la surface de séparation avec un autre milieu, à des phénomènes d'adsorption : la concentration de la solution à ces points est augmentée ou diminuée suivant que le corps dissous diminue ou augmente la tension superficielle (relation de Gibbs).

Si nous admettons que cette relation est applicable aux solutions solides et que la surface de contact entre deux grains peut être assimilée à la surface de séparation entre deux phases liquides, il y aura à cette surface enrichissement ou appauvrissement en éléments dissous, et les joints des grains pourront avoir, par ce mécanisme, une composition notablement différente de la masse du

(²) *Conférence au VIIIᵉ Congrès de Chimie Industrielle*, Nancy, 1938.

métal, créant ainsi dans l'austénite un réseau d'hétérogénéité de concentration. Comme il s'agit de couches adsorbées, leur épaisseur est très faible, de l'ordre moléculaire, et l'on comprend que la micrographie soit impuissante à les mettre en évidence.

Ce réseau d'hétérogénéité va persister au cours de la transformation martensitique : bien plus, l'écart entre les propriétés au niveau des joints de grains et celles de la masse du métal sera accrue, car la composition différente de l'austénite augmente ou diminue sa stabilité, et la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$ doit conduire à des constituants tout à fait autres. L'importance des hétérogénéités aura donc tendance à s'accroître dans la martensite, et l'on comprend que les cassures puissent se produire de préférence suivant les contours de ce réseau, reproduisant ainsi l'aspect des grains de l'austénite.

Ainsi, si notre hypothèse est exacte, il y aurait, dans tout acier, superposition de deux structures : le métal sera martensitique, sorbitique ou troostitique, mais, superposé à cette cristallisation, il contiendra un réseau de composition et de structure différentes, hérédité des anciens grains d'austénite. La nature et l'importance de ce réseau constituent un des éléments déterminant des propriétés de l'acier et particulièrement de sa fragilité; les phénomènes sont très nets pour les aciers alliés, des éléments tels que le chrome et le nickel participant à ces hétérogénéités et leur attribuant des propriétés particulièrement différentes.

Cette hypothèse d'une double structure permet d'expliquer, d'une manière satisfaisante, toutes les observations faites dans l'étude de la surchauffe et de comprendre les liaisons entre surchauffe et fragilité de revenu, phénomènes qui présentent l'un et l'autre un caractère intergranulaire. L'examen avec le microscope métallographique est malheureusement impuissant à la mettre en évidence : nous nous proposons d'essayer des méthodes plus puissantes ou plus délicates.

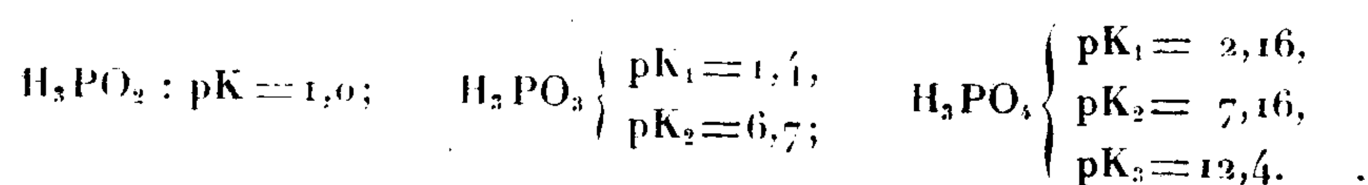
CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'analyse physico-chimique des mélanges d'acides hypophosphoreux, phosphoreux et orthophosphorique.* Note [1] de MM. **René Pâris** et **Pierre Tardy**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Les méthodes habituellement utilisées pour doser un mélange de trois acides H_3PO_2, H_3PO_3 et H_3PO_4 sont fondées sur les différences du pouvoir réducteur de leurs sels dans des conditions de pH déterminées [2]. Toutes ces déterminations comportant un ou deux dosages volumétriques ainsi qu'un dosage gravimétrique du phosphore total sont d'exécution laborieuse. Le procédé nouveau que nous préconisons faisant appel à la neutralisation

(1) Séance du 27 novembre 1946.

(2) Raquet et Pinte, *J. Pharm. Chim.*, 18, 1933, pp. 5 et 89; Wolf et Yung, *Z. anorg. Chem.*, 201, 1931, p. 337.

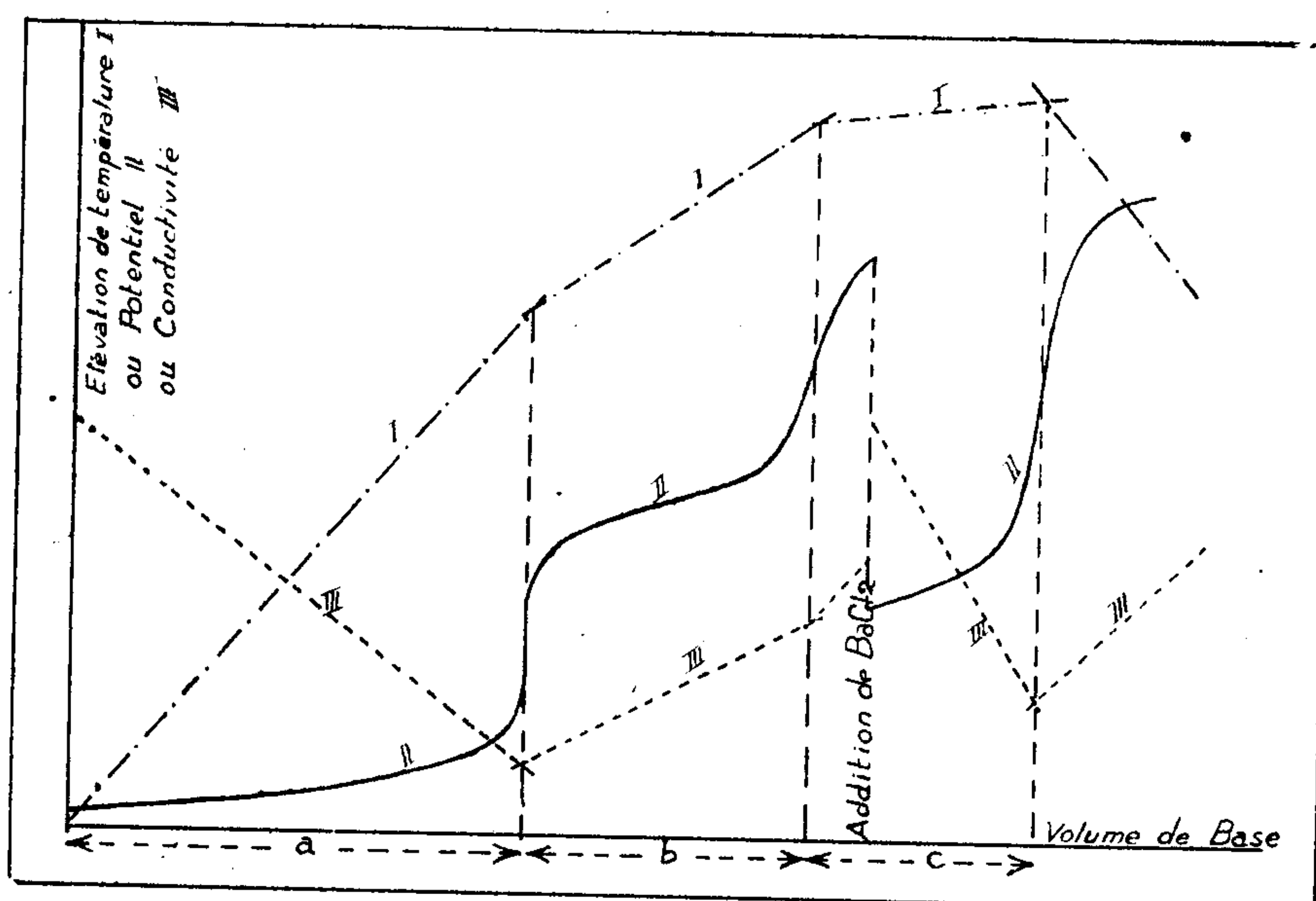
progressive des différentes acidités de ce mélange, permet de résoudre ce problème analytique avec autant de précision, mais de façon beaucoup plus expéditive. La comparaison des différentes constantes d'acidité justifie le principe de notre dosage :



$$H_3PO_2 : pK = 1,0; \quad H_3PO_3 \begin{cases} pK_1 = 1,4, \\ pK_2 = 6,7; \end{cases} \quad H_3PO_4 \begin{cases} pK_1 = 2,16, \\ pK_2 = 7,16, \\ pK_3 = 12,4. \end{cases}$$

Une base forte neutralisera donc d'abord simultanément les acidités fortes, puis les moyennes et enfin les faibles. Si a, b, et c représentent les volumes de base nécessaires à la neutralisation de chacun de ces groupes d'acidités, il est facile de voir que $a - b$ correspond à H_3PO_2, $b - c$ à la moitié de H_3PO_3 et c au tiers de H_3PO_4. Il suffit alors pour mesurer a, b et c de caractériser chacune des étapes de cette neutralisation par une des trois méthodes suivantes :

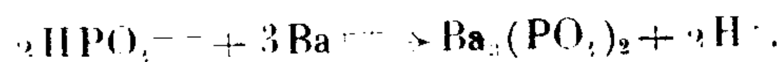
1. *Méthode thermométrique.* — L'élévation de température de la solution représentée graphiquement en fonction du volume de base ajoutée progressivement conduit à une courbe de neutralisation (I) formée de trois segments



de droites dont les intersections nettes marquent la fin de chaque stade. La précision du dosage dépend de la concentration des liqueurs et des proportions relatives des trois acides, mais elle est généralement aussi bonne que celle des dosages volumétriques courants.

2. *Méthode potentiométrique.* — Lorsque les solutions à titrer ont des teneurs inférieures à N/5, la méthode thermique n'est plus suffisamment précise même en employant un thermomètre calorimétrique au 1/100 de degré. On peut alors suivre la neutralisation au potentiomètre en utilisant une électrode de

verre et une électrode au calomel. Les deux premières étapes sont marquées par des sauts de potentiel importants, tandis que la dernière n'apparaît que trop faiblement pour être utilisable. Pour remédier à cet inconvénient, nous ajoutons, immédiatement après la deuxième inflexion de la courbe, un excès de $BaCl_2$ qui n'agit pas sur l'hypophosphite, précipite en partie $BaHPO_3$ et complètement $Ba_3(PO_4)_2$. Cette dernière précipitation seule provoque la libération d'une acidité forte suivant l'équation



$$2\,HPO_4^{--} + 3\,Ba^{++} \rightarrow Ba_3(PO_4)_2 + 2\,H^+.$$

Il en résulte une diminution brusque du pH et, lorsque la solution titrée de base sera ensuite ajoutée régulièrement, un saut de potentiel, aussi important que pour un acide fort, traduira la neutralisation de la troisième acidité de H_3PO_4. Grâce à ce tour de main la courbe potentiométrique (II) permet de fixer, dans le cas des solutions diluées, les valeurs *a*, *b* et *c* avec une précision supérieure à 0,5 % grâce à ses trois inflexions d'égale importance.

3. *Méthode conductométrique*. — Sans pouvoir insister beaucoup sur cette méthode que nous avons moins expérimentée que les deux précédentes, nous tenons à signaler qu'elle sera moins précise en raison de l'incertitude sur la position des brisures signalée bien souvent, mais l'addition de $BaCl_2$ permet encore ici de faire apparaître très nettement la troisième acidité de l'acide phosphorique (courbe III).

Le grand avantage de toutes ces méthodes ne nécessitant que le tracé d'une seule courbe de neutralisation, est la rapidité d'exécution (30 minutes environ). Notons qu'on pourrait, à la rigueur, utiliser les virages du méthylorange et de la phénolphtaléine grâce au tour de main indiqué. Dans un Mémoire publié ailleurs nous donnerons les résultats d'une étude systématique nécessitant des dosages en série de ces 3 acides qu'il eût été fastidieux d'exécuter par d'autres procédés.

Mentionnons enfin l'application de ces méthodes au dosage du mélange des sels alcalins de ces 3 acides. On ajoute alors un mono-acide en excès et l'on retombe dans le cas précédent, mais il faut alors lever, par un dosage du P total, l'incertitude provenant de la présence du quatrième acide ajouté.

CHIMIE MINÉRALE. — *Réduction des silicates de zinc par le carbure de calcium.* Note de Mlle **Marie-Louise Jungfleisch**, présentée par M. Louis Hackspill.

Dans un travail précédent dont les résultats ont été publiés en collaboration avec M. L. Hackspill ([1]), j'ai étudié la réduction de la blende par le carbure de calcium et signalé que la méthode s'appliquait également à d'autres minerais. Parmi ceux-ci, les silicates anhydres ou hydratés (Willémite ou calamine) sont

([1]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 181.

abondants et de plus on a signalé (²) la formation de silicate au cours du grillage de la blende siliceuse. Ces minerais sont difficilement réduits par le charbon (²), cette réduction demandant pour être complète huit fois plus de temps que celle de l'oxyde à température égale.

En outre ils ne sont qu'incomplètement solubles dans les acides et ne peuvent donc être utilisés sans perte pour l'électrolyse. C'est ainsi qu'une calamine grillée contenant 40 % de zinc et 26 % de silice ne cède que 37 % du métal par attaque à l'eau régale et seulement 34.5 % si l'on utilise l'acide sulfurique, quelles que soient la température et la concentration de ce dernier. Il en est de même du silicate précipité qui n'est complètement attaqué que par fusion alcaline.

Je me suis donc proposé d'étendre la réduction par le carbure de calcium au cas des silicates. J'ai opéré comme précédemment en chauffant le minerai mélangé de carbure de calcium et de chlorure de sodium au four électrique, sous atmosphère inerte. Le zinc qui distille est condensé sur une paroi froide. J'ai donc pu comparer les vitesses de réduction de l'oxyde, du sulfure et des silicates naturels ou précipités. Le tableau suivant résume les résultats obtenus :

Minerai.	Fondant.	Température.	Atmosphère.	Rendement (%)	Temps.
Oxyde	ClNa	800°	Hydrogène	97	3 h.
Blende	ClNa	800	Azote	95	3 h. 30 min.
Silicate précipité...	ClNa	800	Gaz d'éclair.	98	» »
Silicate naturel....	ClNa	800	Gaz d'éclair.	96	» »

On voit que la vitesse de réduction des silicates de zinc par le carbure de calcium est la même que pour les blendes et qu'elle est peu inférieure à celle de l'oxyde.

La méthode étudiée fournit donc le moyen de tirer parti de minerais restés inutilisables jusqu'à présent.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'existence d'un anion complexe sulfoaluminique.* Note de M. **Marcel Le Peintre**, présentée par M. Louis Hackspill.

Lorsque l'on étudie l'action du bicarbonate de sodium sur le sulfate d'aluminium en solution aqueuse par la construction de la courbe de titrage (abscisses : quantités de bicarbonate; ordonnées : pH des solutions à l'équilibre), le point d'équivalence est obtenu pour une quantité de bicarbonate égale à 80 % de la quantité théorique calculée d'après la réaction

$$(SO_4)_3Al_2 + 6CO_3NaH = 3SO_4Na_2 + 6CO_2 + 2Al(OH)_3.$$



Il résulte de cette observation que le précipité obtenu doit renfermer de l'acide sulfurique : effectivement l'analyse révèle un composé de formule

(²) Tafel et Sille, *Métall. u. Erz.*, **27**, 1930, p. 338.

$3SO_3 5Al_2O_3, 15H_2O$ de composition sensiblement constante lorsque l'on fait réagir 2 ou 4^{mol} de bicarbonate sur 1^{mol} de sulfate.

Ce produit signalé par Williamson ([1]) était obtenu par l'action de la soude sur le sulfate d'aluminium. Cet auteur n'a pu enlever par lavage avant peptisation les dernières traces de sulfate.

Dans le but d'éliminer les produits adsorbés, le précipité lavé jusqu'à peptisation (pH de la solution colloïdale, 4,5) a été soumis à l'électrodialyse dans un appareil à membrane de cellophane sous tension continue de 110 volts. Après 24 heures d'électrodialyse l'analyse de la solution cathodique n'a mis en évidence que des traces d'aluminium décelées par l'aluminon.

Le précipité a pris une structure plus granuleuse et la membrane située en face de l'électrode négative en est tapissée, il est donc chargé positivement. La solution anodique est acide (pH 2) et renferme de l'acide sulfurique, mais elle contient aussi, et c'est là un fait nouveau important, une quantité notable d'aluminium.

L'analyse de cette solution donne au rapport masse SO_3/masse Al_2O_3 la valeur 6,2. Si l'on poursuit l'électrodialyse, le précipité devient de plus en plus granuleux et s'appauvrit considérablement en SO_3 tandis que la solution anodique s'enrichit en SO_3 et Al.

L'expérience, renouvelée plusieurs fois, a toujours donné les mêmes résultats. Il est donc absolument certain que l'aluminium passe dans le compartiment anodique ; ce fait n'est explicable que par l'existence d'un complexe.

Pour être précis il était nécessaire de montrer :

1° Qu'il n'y avait pas diffusion de molécules électriquement neutres renfermant Al.

2° Que les ions Al^{+++} en présence d'une électrode positive ne pouvaient diffuser en quantité notable.

3° Que l'aluminium anodique augmentait avec l'intensité du courant.

La diffusion des molécules électriquement neutres doit se faire aussi bien du côté anodique que du côté cathodique. L'analyse de la solution cathodique n'a pas permis de trouver du sulfate et de l'aluminium en quantité appréciable, il en résulte qu'il n'y a pas eu de diffusion de molécules électriquement neutres et, de plus, la tension de 110 volts est assez forte pour empêcher les ions SO_4^{--} de passer dans le compartiment cathodique.

La simple dialyse effectuée dans le même appareil mais sans tension a montré qu'il passe environ 9 fois moins d'aluminium dans l'unité de temps qu'avec une tension de 110 volts. En admettant que les ions Al^{+++} diffusent de la même manière avec ou sans tension, ce qui n'est certainement pas le cas, nous sommes encore loin de compte. En portant la tension à 320 volts, l'intensité a augmenté proportionnellement; l'analyse a montré que l'aluminium anodique avait à peu

---

([1]) *J. Phys. Chem.*, 27, 1923, p. 284.

près triplé dans l'unité de temps par rapport aux quantités obtenues sous 110 volts, le rapport masse SO_3/masse Al_2O_3 restant constant.

L'aluminium participant au transport du courant est obligatoirement engagé dans une molécule complexe (¹).

Le rapport masse SO_3/masse Al_2O_3 ne permet pas d'écrire la formule brute du complexe, celui-ci étant certainement hydrolysé, mais des recherches ultérieures permettront peut-être d'en déterminer la structure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du zinc-éthyle sur le cæsium.* Note de M. **Jean de Postis**, présentée par M. Louis Hackspill.

En 1926 A. von Grosse a publié une remarquable étude sur les dérivés métalliques alcalins du triphénylméthane et du bore-triphényle : les composés $(C_6H_5)_3CA$ et $(C_6H_5)_3BA$, avec A = Li, Na, K, Rb et Cs sont désormais bien connus [1]. Dans la même publication, cet Auteur rapporte qu'il a fait réagir le rubidium et le cæsium sur le zinc-éthyle. Mais sur ce point ses indications sont très sommaires, et s'il signale la formation du composé RbC_2H_5, $Zn(C_2H_5)_2$, il ne précise pas la formule du corps obtenu dans les mêmes conditions avec le cæsium; il indique seulement qu'il a fait agir le gaz carbonique sur ce composé et qu'il a obtenu l'acide propionique. Le gaz carbonique pouvant réagir sur le zincique lui-même, il semble difficile de donner une signification précise à cette réaction.

Quatre ans plus tard, Hein et Schramm ont publié une étude physicochimique très poussée sur les composés d'association moléculaire entre $Zn(C_2H_5)_2$ d'une part et les corps AC_2H_5 d'autre part, A étant l'un des métaux alcalins Li, Na, K ou Rb. Mais ces savants n'ont rien mentionné sur le cæsium [2].

En utilisant une technique analogue à celle dont j'ai usé pour la préparation du benzyl-cæsium, j'ai fait réagir le cæsium sur le zinc-éthyle en excès [3]. Dès la température ordinaire, l'attaque du métal est très vive et exige un refroidissement de l'appareil. Au bout de quelques minutes, il reste une masse spongieuse de zinc que baignent deux phases liquides non miscibles dont la plus dense cristallise par refroidissement. Au moyen d'une plaque de verre frité, soudée à l'intérieur même de l'appareil, il est possible de séparer la phase cristallisable du zinc métallique, et de la plus grande partie de zinc-éthyle en excès. Le reste de ce dernier corps s'élimine sous vide poussé. Les cristaux ainsi purifiés fondent à 37° C.

(¹) L'hypothèse de l'existence d'un acide complexe a été envisagée par E. Baud (*Comptes rendus*, **137**, 1903, p. 492).

(¹) *Ber. d. chem. Ges.*, 2ᵉ série, **59**, 1926, p. 2646.

(²) *Zeits. physik. Chem.*, A, **159**, 1930, p. 234.

(³) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 398.

J'ai fait agir sur ce corps, en milieu benzénique, la benzo-phénone en quantité calculée : une coloration verte prend immédiatement naissance. Le mélange a été traité par l'eau acidulée. La phase aqueuse contient une solution de chlorure de zinc et de cæsium dans laquelle j'ai dosé ces deux éléments :

Masse d'organométallique cristallisé...	4^g,30
Zinc total..........................	0,975
Cæsium total........................	1,973

ce qui donne le rapport cæsium/zinc

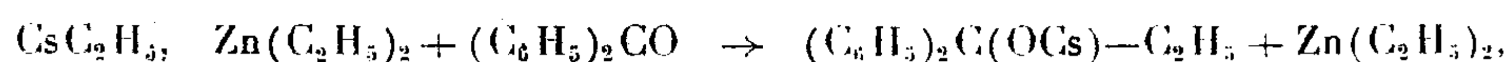
$$\frac{1,973}{0,975} = 2,024,$$

au lieu du rapport théorique

$$\frac{132,9}{65,4} = 2,032,$$

Le corps cristallisé a donc pour formule CsC_2H_5, $Zn(C_2H_5)_2$; ceci est d'ailleurs confirmé par le fait que 4^g,30 de ce corps devrait contenir théoriquement 0^g,987 de zinc et 2^g,005 de cæsium, ce qui correspond bien aux nombres trouvés expérimentalement si l'on tient compte des pertes inévitables au cours de la décantation des deux phases liquides.

D'autre part la phase benzénique abandonne par évaporation de gros cristaux nettement fusibles à 95°C. Ce corps n'est autre que le diphényléthylcarbinol obtenu de cette manière à l'état très pur. Cet alcool tertiaire a déjà été préparé par la méthode de Grignard ([4]). La réaction ayant eu lieu est la suivante :



$$CsC_2H_5,\ Zn(C_2H_5)_2 + (C_6H_5)_2CO \rightarrow (C_6H_5)_2C(OCs)-C_2H_5 + Zn(C_2H_5)_2,$$

suivie d'hydrolyse par l'eau. Cette réaction semble tout à fait quantitative.

En résumé, le cæsium réagit sur le zinc diéthyle en donnant le composé CsC_2H_5, $Zn(C_2H_5)_2$ dont la formule est établie par ce qui précède.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des cétones β-halogénées.* Note ([1]) de MM. **Georges Richard, M. Mirjolet** et **P. Gschwind**, présentée par M. Marcel Delépine.

Si à la température ordinaire on fait agir un courant de gaz chlorhydrique sec sur de la méthyl-2 pentène-2 one-4 (oxyde de mésityle), $(CH_3)^2C{=}CH.CO.CH_3$, il est impossible d'isoler un produit d'addition : la cétone éthylénique n'a pas réagi et on la retrouve sensiblement inaltérée.

Par contre, si l'on opère à une température inférieure à 0°, on obtient la

---

([4]) C. Hell et Bauer, *Ber. d. chem. Ges.*, 37, 1904, p. 231.

([1]) Séance du 2 décembre 1946.

chloro-2 méthyl-2 pentanone-4



$$(CH_3)^2.CCl.CH_2.CO.CH_3,$$

produit de l'addition normale d'une molécule d'acide chlorhydrique sur la liaison éthylénique. La réaction se fait alors avec un dégagement de chaleur assez sensible.

La chloro-2 méthyl-2 pentanone-4 est un liquide qui n'est relativement stable qu'à basse température, et, dès la température ordinaire, elle se décompose assez rapidement en régénérant l'oxyde de mésityle et en dégageant de l'acide chlorhydrique.

L'action du gaz chlorhydrique sur l'oxyde de mésityle peut donc être considérée comme réversible :



$$\text{(A)} \qquad (CH_3)^2.C = CH.CO.CH_3 + HCl \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} (CH_3)^2.CCl.CH_2.CO.CH_3 + Q \text{ cal.}$$

Toute élévation de température, tout réactif qui fixe l'acide chlorhydrique plus rapidement qu'il ne substitue l'halogène de la cétone halogénée, fait évoluer l'équilibre dans le sens 2. Mais par contre, si l'on peut agir en milieu fortement chlorhydrique (réaction de Friedel et Crafts, par exemple), ou si l'on s'adresse à un composé qui substitue l'halogène plus rapidement que n'est décomposée la cétone halogénée (réaction des magnésiens, par exemple), l'équilibre évolue dans le sens 1 et la chloro-2 méthyl-2 pentanone-4 peut constituer un excellent agent de synthèse : les rendements seront d'autant meilleurs que l'on opérera à plus basse température.

C'est guidé par ces données et pour fixer la place de l'halogène que nous avons fait agir sur la chloro-2 méthyl-2 pentanone-4, le benzène en présence de chlorure d'aluminium anhydre. L'acide chlorhydrique, qui se dégage dans cette condensation de Friedel et Crafts, fait que la réaction A évolue dans le sens I et que l'on obtient avec d'excellents rendements la méthyl-2 phényl-2 pentanone-4



$$(CH_3)^2.CCl.CH_2.CO.CH_3 + C_6H_5H \rightarrow ClH + (CH_3)^2C(C_6H_5).CH_2.CO.CH_3$$

dont les constantes $É_{14}$ 115-116°; n_D^{16} 1,51813; d_4^{16} 0,9722; semicarbazone, F 158°, sont celles indiquées par Hoffmann ([2]).

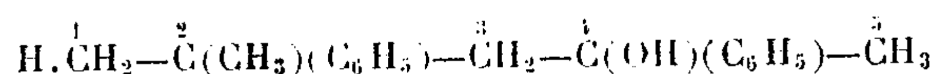
De plus, cette cétone réagit sur le bromure de phénylmagnésium pour conduire au méthyl-2 diphényl-2.4 pentanol-4, $(CH_3)^2C(C_6H_5)C(OH)(C_6H_5).CH_3$, qu'il est impossible d'obtenir à l'état pur en raison de la déshydratation qui accompagne sa distillation, même opérée sous pression très réduite.

Cette déshydratation est d'ailleurs intéressante à étudier, elle fournit, quand elle est réalisée par le bisulfate de potassium, du phényl-2 propène qui a été identifié par ses constantes à l'α-méthyl-styrolène, É 162°, n_D^{17} 1,5387, d_4^{17} 0,9136, constantes indiquées par Tiffeneau ([3]), et par son spectre Raman, dont les

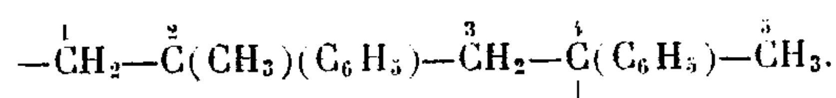
([2]) *Ann. Chem. Soc.*, **51**, 1929, p. 2542.
([3]) *Ann. Chim. et Phys.*, **8-10**, p. 157.

fréquences des raies 368, 618, 733, 999, 1027, 1117, 1599, 1629 sont celles indiquées par Donzelot ([4]).

On doit admettre, pour l'expliquer, que la déshydratation du méthyl-2 diphényl-2.4 pentanol-4

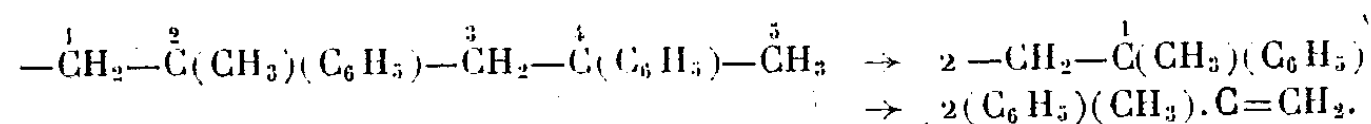


se fait aux dépens de l'hydroxyle et d'un hydrogène porté par le carbone 1 et conduit alors au radical bivalent



On pourrait ensuite penser que les liaisons apparues en 1 et 4 vont se saturer mutuellement pour conduire à un cycle butanique. Mais, vraisemblablement, en raison de la difficulté d'obtention d'un tel cycle, et peut-être également par suite de la nature tertiaire du carbone 4, l'expérience montre que cette hypothèse ne peut pas être retenue.

Il est donc nécessaire qu'il y ait rupture de la molécule et apparition de deux liaisons libres supplémentaires pour saturer celles apparues en 1 et 4 et conduire à deux éthyléniques. Le fait que l'on obtient uniquement de l'α-méthylstyrolène indique que la molécule s'est coupée entre les carbones 2 et 3



Si l'on admet que lorsqu'une réaction est facile, la réaction inverse l'est également, on est amené à considérer la liaison éthylénique de l'oxyde de mésityle comme particulièrement active vis-à-vis de l'acide chlorhydrique, et la fixation de l'acide chlorhydrique doit être aussi rapide que son départ.

Les cétones β-halogénées se présentent donc comme des composés peu stables, mais leur halogène mobile peut en faire de bons agents de synthèse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les critères de pureté de l'acide désoxycholique.* Note ([1]) de MM. **Raymond Charonnat** et **Bernard Gauthier**, présentée par M. Marcel Délépine.

L'acide désoxycholique ou acide dihydroxycholanique fut isolé de la bile, en 1886, sous forme de combinaison acétique (F 172-173°) ([2]). Son étude a été quelque peu compliquée par la description, faite par de nombreux auteurs,

([4]) *Thèse Doc. Sc. Phys.*, Nancy, 1937.

([1]) Séance du 27 novembre 1946.

([2]) F. Mylius, *Ber. d. chem. Ges.*, 19, 1886, pp. 374 et 2000; 20, 1887, p. 1968.

des acides choléiniques, combinaisons naturelles ou synthétiques dans lesquelles les substances chimiques les plus diverses (acides, esters, carbures, phénols, etc.) se trouvent associées à l'acide désoxycholique ([3]). De ces travaux, devenus classiques, se dégagea peu à peu la structure de cet acide qui est considéré, actuellement, comme l'acide dihydroxy-3(α), 12(α) cholanique ([4]), ([5]). Il est, d'ailleurs, difficile de le préparer à l'état pur, même en partant d'échantillons commerciaux, appelés *purissismes* ([6]). Les chimistes se contentent donc de produits techniques, en général suffisants pour la plupart des besoins, et c'est pourquoi les constantes de l'acide désoxycholique sont difficiles à préciser. Alors que le point de fusion est fixé entre 172 et 175°, le pouvoir rotatoire varie très sensiblement, suivant les auteurs, de $+ 49°,6$ ([7]) à $+ 57°,02$ ([2]).

Récemment, Reichstein et Sorkin ([6]) ont indiqué pour un acide spécialement purifié : F 176-177°; $[\alpha]_D^{17,5} + 51°,8 \pm 2°$ (alcool); $[\alpha]_D^{19} + 48°,7 \pm 2°$ (dioxane). D'après Wieland ([3]), cet acide est facilement soluble dans l'alcool (50 % à chaud, 25 % à froid), difficilement soluble, à froid, dans CH_3COOH avec lequel il donne une combinaison permettant de l'isoler du mélange brut d'acides biliaires ou *totum* biliaire.

Étant donnée l'importance actuelle de l'acide désoxycholique comme base de synthèses, il nous a paru intéressant de préciser quelques points demeurés obscurs sur les critères de pureté de cet acide.

L'un de nous, en 1939, avec Horeau, a pu observer que le réactif phosphovanillique ([8]), spécifique de l'hydroxyle en 7 des acides biliaires, donc de l'acide cholique, donnait une coloration rose, mais d'intensité variable, avec tous les échantillons d'acide désoxycholique examinés. Par contre, l'acide obtenu synthétiquement par ces auteurs ([9]), à partir de l'acide cholique (préparation de l'acide dihydroxy-3.12 céto-7 cholanique par oxydation au brome, puis réduction du carbonyle en 7 par la méthode de Kischner-Wolff) ne donnait plus la réaction phosphovanillique. Nous avons donc pensé que l'impureté principale de l'acide désoxycholique commercial était l'acide cholique et qu'il serait possible de l'éliminer par simples cristallisations dans un solvant convenablement choisi.

L'acide technique de départ déjà purifié par cristallisation dans CH_3COOH avait des caractéristiques satisfaisantes, correspondant à celles de la littérature

---

([3]) H. Wieland et M. Sorge, *Zeits. Physiol. Chem.*, **97**, 1916, pp. 1-27.

([4]) M. Sorkin et T. Reichstein, *Helv. chim. Acta*, **27**, 1944, p. 1631; **29**, 1946, p. 1218.

([5]) T. F. Gallager et W. P. Long, *J. Biol. Chem.*, **162**, 1946, p. 495.

([6]) *Helv. chim. Acta*,, 25, 1942, p. 797.

([7]) E. Vahlen, *Zeits. physiol. Chem.*, **21**, 1895, p. 273.

([8]) E. Chabrol, R. Charonnat, J. Cottet et P. Blonde, *C. R. Soc. Biol.*, **115**, 1934, p. 834.

([9]) R. Charonnat et A. Horeau, Brevet français **854 817** du 9-1-39.

(F 173°; $[\alpha]_D^{20°}$ + 55°,7 alcool). Il contenait 14 % d'acide cholique [évalué par colorimétrie avec le réactif phospho-vanillique ([8])] et 3 % d'acide acétique résiduel dosé par acidimétrie.

Nous avons rejeté comme solvants, l'emploi de l'alcool et de l'acide acétique ordinairement utilisés, parce que ces corps risquent d'estérifier l'acide biliaire et de fournir des rendements faibles par solubilités excessives ([3]). Par contre, l'emploi de méthyléthylcétone (butanone) nous a donné toute satisfaction (solubilité de l'ordre de 40 % à l'ébullition et de 6 % à 15°). Le point de fusion s'élève, après une seule recristallisation, de 173° à 182-183°, alors que la teneur en acide cholique s'abaisse à 7 %. Par cristallisations répétées, le point de fusion a pu être fixé à 190-190°,5; à ce stade le réactif phosphovanillique ne donne aucune coloration.

La purification a pu être suivie par simple dosage acidimétrique :

Pour P. F.	P. M. pour $C_{24}H_{40}O_4$ trouvé.	calculé.
186 -187°	385,5	392,3
189,5-190°	390,5	»
190 -190,5°	392,0	»

La solubilité dans la butanone décroît à mesure que progresse la purification. Il en est de même pour l'alcool éthylique, ce qui nous a permis par la suite de cristalliser notre acide technique dans l'alcool dilué à 70 % pour éviter tout risque d'estérification et d'atteindre le même point de fusion de 190-190°,5. Dans ce solvant, les solubilités de l'acide de P.F. 185° sont de 15 % à l'ébullition et de 1,4 % à 21°, tandis que celles de l'acide cholique (P.E. 198°) sont de 55 % à l'ébullition et de 3 % à 21°.

Les cristallisations dans CH_3COOH à 60 %, préconisées par la plupart des auteurs, sont plus lentes et plus difficiles; elles nous ont cependant permis d'élever le point de fusion de 173° à 182°,5-183°, puis à 185-185°,5.

L'acide désoxycholique purifié est donc moins soluble dans les solvants que l'acide cholique, contrairement à ce qui a été publié ([3]). Mais ce dernier, existant en proportion plus forte dans la bile, est beaucoup plus facile à isoler et à caractériser.

Nous adoptons, en définitive, comme constantes de l'acide désoxycholique pur :

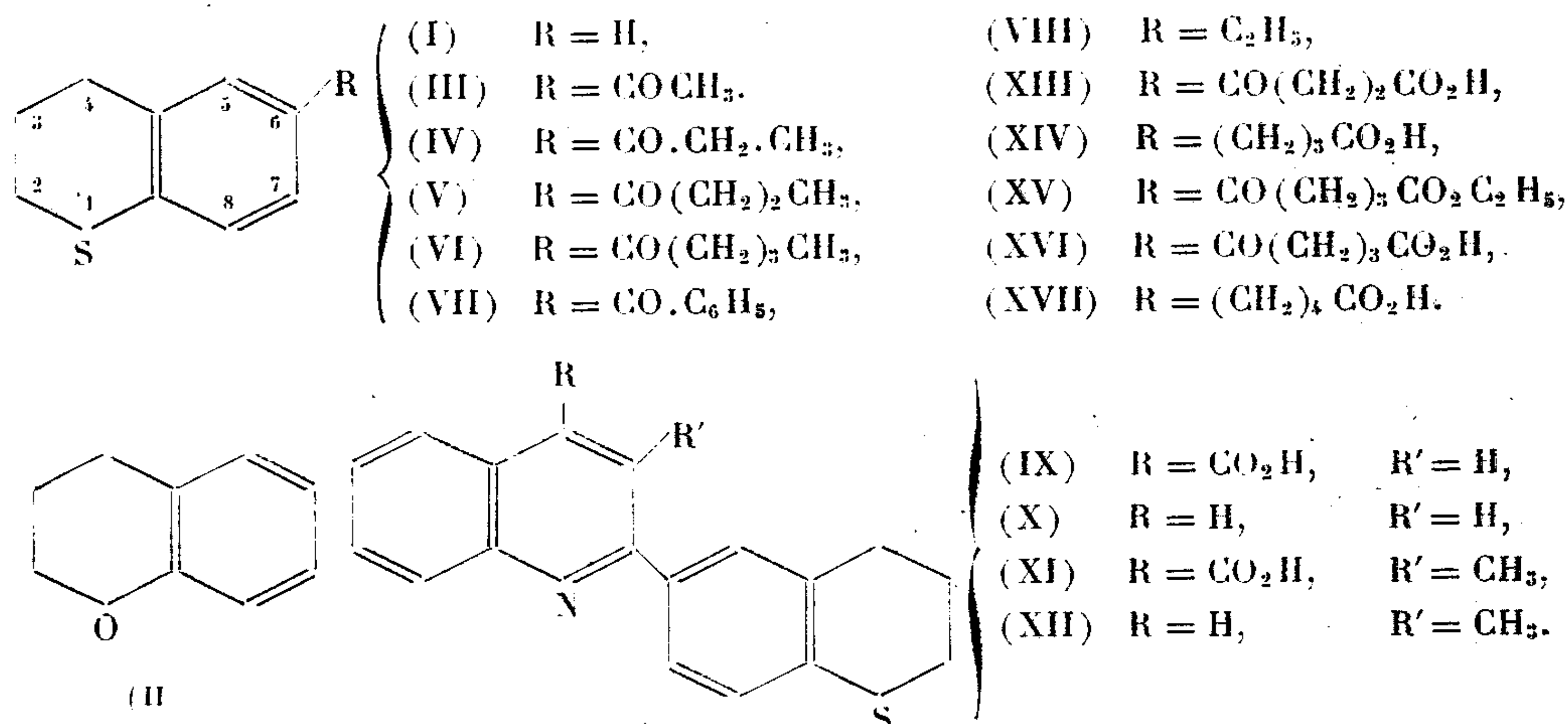
F 190-190°,5; $[\alpha]_D^{20°}$ + 48°,75 ± 0°,5 (alcool à 95°); $[\alpha]_D^{20°}$ + 49°,0 ± 0,5 (butanone).

Ces expériences prouvent que l'acide désoxycholique technique renferme encore 14 à 20 % d'acide cholique dont il est très facile de le débarrasser par cristallisations successives, en donnant un produit de propriétés différentes, défini ci-dessus.

Un Mémoire détaillé sera publié ultérieurement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à la chimie du thiachromanne.* Note (1) de MM. **Paul Cagniant** et **Antonin Deluzarche**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le thiachromanne (I), découvert par J. von Braun (2) et dénommé par lui thiochromane, est encore désigné, d'après la nomenclature américaine (3), sous le nom de 3.4-dihydro-1.2-benzothiapyranne, et d'après celle de Grignard (4) sous celui de benzo-2.3-(cyclothiapentacarbène-2). La méthode de préparation la plus simple consiste à réduire, selon Clemmensen, la thiachromannone (5). Nous pensions pouvoir obtenir (I) facilement par action de P_2O_5 sur l'alcool γ-thiophénoxypropylique préparé récemment par nous (6), mais tous les essais, avec ou sans solvant, à froid ou à chaud, n'ont abouti qu'à l'obtention d'esters phosphoriques. Par contre, l'alcool γ-phénoxypropylique se cyclise assez bien, dans les mêmes conditions, en chromanne (II) (7). Ces faits sont à rapprocher de ce que les acides $C_6H_5.S(CH_2)_2CO_2H$ et $C_6H_5.S(CH_2)_3CO_2H$ se cyclisent bien mieux que les acides β et γ-phénoxylés correspondants (7) et (8).



Nous avons condensé le thiachromanne avec les chlorures d'acides suivants : acétique, propionique, butyrique, valérique et benzoïque, en CS_2 et en présence de Cl_3Al comme catalyseur. Nous obtenons presque quantitativement les

(1) Séance du 2 décembre 1946.

(2) *Ber. d. chem. Ges.*, 43, 1910, p. 3225.

(3) *Chemical Abstracts*, 39, 1945, p. 6525.

(4) J. Décombe, *Traité de Chimie organique de Grignard*, 18, 1945, p. 611.

(5) Krollpfeiffer, Schultze, Schlumbohm et Sommermeyer, *Ber. d. chem. Ges.*, 58, 1925, p. 1675.

(6) P. Cagniant et A. Deluzarche, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 677.

(7) P. Cagniant et A. Deluzarche, recherches inédites, à paraître dans ce Recueil.

(8) Krollpfeiffer et Schultze, *Ber. d. chem. Ges.*, 57, 1924, p. 206.

cétones correspondantes : acétyl-6 thiachromanne (III) [9], propionyl-6 thiachromanne (IV), butyryl-6 thiachromanne (V), valéryl-6 thiachromanne (VI) et benzoyl-6 thiachromanne (VII). La cétone (III) se réduit selon Clemmensen en éthyl-6 thiachromanne (VIII) et se condense facilement avec l'isatine, selon Pfitzinger, pour donner l'acide thiachromannyl-(6'-2) cinchoninique (IX) décarboxylé par la chaleur en thiachromannyl-(6'-2) quinoléine (X). De même, à partir de (IV) et de l'isatine, nous obtenons l'acide thiachromannyl-(6'-2) méthyl-3 cinchoninique (XI) décarboxylé en thiachromannyl-(6'-2) méthyl-3 quinoléine (XII).

(I) donne, avec l'anhydride succinique au sein du nitrobenzène et avec Cl_3Al comme catalyseur, l'acide β-6-thiachromannoyl-propionique (XIII) (rendement 90 %), réduit par Clemmensen en acide γ-6-thiachromannyl-butyrique (XIV) dont le chlorure traité par Cl_3Al en C_6H_6 donne un mélange dont nous n'avons pu séparer de corps définis. L'acide γ-6-tétralyl-butyrique se cyclise au contraire et dans les mêmes conditions, avec 90 % de rendement en octracène-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8-one-1 [10]. Avec le chlorure-ester éthylique glutarique en CS_2 et Cl_3Al nous accédons à l'ester de l'acide γ-6-thiachromannoylbutyrique (XV) saponifié en l'acide correspondant (XVI) lui-même réduit par Clemmensen en acide δ-6-thiachromannyl-valérique (XVII).

Mode opératoire. — Thiachromannone É$_{18}$ 159°-160°, É$_{24}$ 169°, $n_D^{26°,8}$ 1,6363, d'odeur très faible rappelant celle de la tétralone-α. Thiachromanne $C_9H_{10}S$, É$_{18}$ 128-129°, É$_{22}$ 135°,5, d_4^{23} 1,123, n_D^{23} 1,6125, liquide incolore d'odeur peu agréable, plus stable à l'air et à la lumière et d'ailleurs plus accessible que le chromanne (II) [6]. (III) $C_{11}H_{12}OS$, É$_{23}$ 210°, F36° (éther de pétrole), cristaux incolores d'odeur rappelant tout à fait celle de l'acétyl-6-tétraline. Semicarbazone $C_{12}H_{15}ON_3S$, F216° (alcool), cristaux incolores. (IV) $C_{12}H_{14}OS$, É$_{22}$ 217-218°, F66°, petits cristaux incolores (éther de pétrole). Semicarbazone $C_{13}H_{17}ON_3S$, F198-200°, cristaux incolores (alcool). (V) $C_{13}H_{16}OS$, É$_{22}$ 224°, liquide ne cristallisant pas. Semicarbazone $C_{14}H_{19}ON_3S$, F171-172°, petits cristaux incolores (alcool). (VI) $C_{14}H_{18}OS$, É$_{18}$ 227-228°, F43° (éther de pétrole). Semicarbazone $C_{15}H_{21}ON_3S$, F181-183°, fins cristaux incolores (alcool). (VII) $C_{16}H_{14}OS$, É$_{20}$ 255°, F60°, cristaux incolores très solubles dans les solvants. (VIII) $C_{11}H_{14}S$, É$_{23}$ 163-164°, liquide d'odeur plus agréable que celle de (I), n_D^{23} 1,5845. (IX) $C_{19}H_{15}O_2NS$, F214°, poudre jaune orangé (alcool). (X) $C_{18}H_{15}NS$, F93°, cristaux jaune très pâle (alcool), picrate, cristaux jaune foncé F188° (alcool absolu). (XI) $C_{20}H_{17}O_2NS$, poudre jaune fondant mal vers 165-170°. (XII) $C_{19}H_{17}NS$, fine poudre presque incolore F118°; picrate, fins cristaux orangés F192-194° (alcool absolu). (XIII) $C_{13}H_{14}O_3S$, petits cristaux incolores (cristallisés dans l'eau chaude) très solubles dans l'alcool, F124°. (XIV) $C_{13}H_{16}O_2S$, É$_{18}$ 249-250°, F65°, petits cristaux allongés, incolores (éther de pétrole + C_6H_6). Amide correspondant $C_{13}H_{17}ONS$, F117° (alcool dilué), très soluble dans l'alcool à 95°. (XV) $C_{16}H_{20}O_3S$, É$_{20}$ 258-260°, liquide assez visqueux. (XVI) $C_{14}H_{16}O_3S$, cristaux incolores (dans l'eau), F104°. Semicarbazone $C_{15}H_{19}O_3N_3S$,

---

(9) Pour la détermination des structures, voir P, CAGNIANT et A. DELUZARCHE, Mémoire à paraître au *Bull. Søc. Chim.*, 1947.

(10) BUU-HOÏ et P. CAGNIANT, *Revue Scientifique*, 80, 1942, p. 321.

F 201-203° (alcool). XVII) $C_{11}H_{18}O_2S$, $É_{13}$ 255-257°, F 79°, paillettes incolores (éther de pétrole).

Conclusion. — Le thiachromanne est un composé hétérocyclique très stable vis-à-vis de la pyrolyse et de Cl_3Al et très réactif, tout au moins pour la position 6.

Nous poursuivons nos recherches par l'étude de quelques autres propriétés du thiachromanne et de ses dérivés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques époxydes chlorés alicycliques.* Note de MM. **Max Mousseron**, **François Winternitz** et **Robert Jacquier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Peu connus jusqu'ici en série alicyclique, les époxydes chlorés suivants ont été obtenus par action de l'acide perbenzoïque sur les chlorocyclènes correspondants, dont certains ont été précédemment étudiés [1].

Chloro-1 époxy-1.2 cyclohexane, $É_{20}$ 62°; d_{20}^{20} 1,136; n_D^{20} 1,4724; $\eta^{25}.10^{-5}$ 1810; parachor, tr. 285,5; calc. 286,1. Incrément du cycle époxydique, 16,6 [2].

Peu stable lorsqu'il est abandonné à l'air, cet époxyde se transforme d'une part en chloro-2 cyclohexanone, et d'autre part en produits résineux provenant vraisemblablement de la polymérisation de la cyclohexène-2 one-1 sous l'influence de l'acide chlorhydrique libéré.

Par action de l'acide chlorhydrique gazeux à 0°, nous avons obtenu le même mélange de chloro-2 cyclohexanone et de dichloro-1.2 cyclohexène-2 que lors de l'addition de l'acide hypochloreux sur le chloro-1 cyclohexène [1].

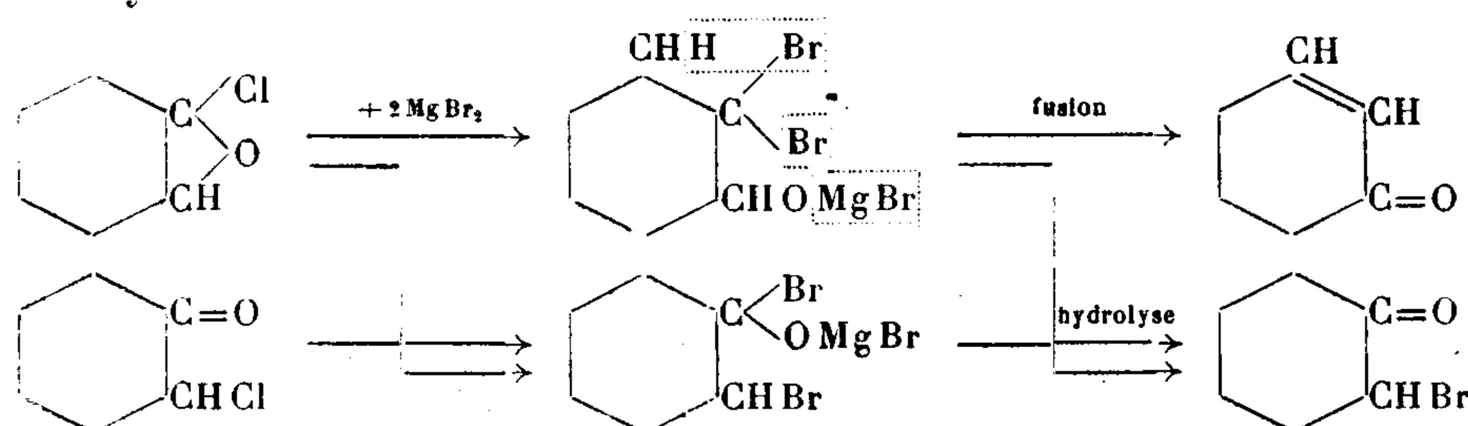
L'hydrolyse en tube scellé à 90° nous a principalement donné la cyclohexanol-2 one-1 (F 110°); il se produit simultanément une réaction secondaire d'arrachement du chlore qui conduit à de faibles quantités de cyclohexène-2 one-1 (semicarbazone F 161°).

Le chloro-1 époxy-2.3 cyclohexane a été hydrogéné en présence de noir de palladium et d'acide acétique. Le taux de chlore arraché n'a pas dépassé 20 % et nous avons isolé un mélange des acétates du chloro-2 cyclohexanol *trans* et du cyclohexanol; par saponification, nous avons en effet obtenu du cyclohexanediol-1.2 *trans* ne donnant pas de combinaison acétonique et un peu de cyclohexanol.

Nous avons enfin étudié l'action de l'éthérate de bromure de magnésium. L'hydrolyse du dérivé halogénomagnésié intermédiaire nous a conduits à la bromo-2 cyclohexanone; la fusion, très violente, nons a donné, avec un rendement ne dépassant pas 20 % et à côté d'une grosse quantité de goudrons, la cyclohexène-2 one-1.

(1) Mousseron, Winternitz et Jacquier, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 36.
(2) Mousseron, Froger et Lamorthe, *Bull. Soc. Pharm. Montpellier*, 4, 1945, p. 233.

Afin d'élucider le mécanisme de cette réaction, nous avons fait agir l'éthérate de bromure de magnésium sur la chloro-2 cyclohexanone; le dérivé halogénomagnésié intermédiaire ne fuse pas lorsqu'on le chauffe après avoir chassé l'éther, mais se boursoufle et goudronne; son hydrolyse nous a conduits à la bromo-2 cyclohexanone.



*Chloro-*1 *époxy-*1.2 *cyclopentane.* — Il a été obtenu à partir du chloro-1 cyclopentène ([3]), $É_{20}$ 48°; d_{25}^{25} 1,165; n_D^{25} 1,4584.

*Le méthy-*1 *chloro-*2 *époxy-*1.2 *cyclohexane* n'a pu être isolé à l'état pur, l'action de l'acide perbenzoïque sur le chloro-cyclène correspondant étant très incomplète.

*Méthyl-*1 *chloro-*3 *époxy-*3.4 *cyclohexane,* $É_{10}$ 69°; d_{25}^{25} 1,087; n_D^{25} 1,4637; $[\alpha]_{546}+50°45$; $[\alpha]_{546}/[\alpha]_{579}$ 1,136.

Très peu stable, cet époxyde se transforme facilement en la méthyl-5 chloro-2 cyclohexanone isomère, soit par abandon à l'air, soit par action de l'éthérate de bromure de magnésium (on obtient alors la méthylbromocétone correspondante), soit par simple contact avec du noir de palladium en milieu acétique [la méthylchlorocétone ne subit dans ces conditions aucune hydrogénation, ainsi que cela a été déjà montré ([4]) pour son homologue inférieur].

*Chloro-*1 *époxy-*2.3 *cyclohexane,* obtenu à partir du chloro-1 cyclohexène-2 ([5]), $É_{15}$ 72°; d_{20}^{20} 1,168; n_D^{20} 1,4830; très stable.

Son hydrolyse en tube scellé à 90° nous a conduits au chloro-1 cyclohexane-diol-2.3, F 86°, l'arrachement du chlore ne dépassant pas 10 %.

Tous nos essais d'hydrogénation catalytique en présence de noir de palladium et d'alcool méthylique ou d'acide acétique ont échoué. Il est à noter qu'après avoir laissé cet époxyde un certain temps en contact avec du noir de palladium et de l'acide acétique, nous n'avons retrouvé que des produits de condensation à côté d'une faible quantité de chloro-2 cyclohexanone.

*Chloro-*1 *époxy-*2.3 *cyclopentane,* obtenu à partir du chloro-1 cyclopentène-2 ([6]), $É_{20}$ 65-8°; d_{25}^{25} 1,192; n_D^{25} 1,4719.

Par hydrolyse, la totalité du chlore est arrachée; le cyclopentanetriol-1.2.3 formé, sirupeux, est probablement un mélange de stéréoisomères.

([3]) CHESTAKOWSKIJ, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 3, 1936, p. 1733.
([4]) KOETZ et RICHTER, *J. prakt. Chem.*, 111, 1925, p. 373.
([5]) COURTOT et PIERRON, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 45, 1929, p. 289.
([6]) KRÄMER et SPILKER, *Ber. d. chem. Ges.*, 29, 1896, p. 554.

GÉOLOGIE. — *Observations sur la flore houillère du bassin de Messeix* (*Puy-de-Dôme*). Note (1) de M. **Frédéric-Marie Bergounioux**, M[lles] **Jeanne Doubinger** et **Madeleine Sandré**.

Le bassin houiller de Messeix (2) fait partie du grand chenal houiller. Il est constitué par une bande de 18^{km} de long sur 750^{m} de large. C'est un synclinal régulier, encaissé dans les micaschistes; il est recouvert au Nord par une nappe de labradorite; dans sa partie Sud, il a été écrasé contre les granites qui pointent à l'Ouest; il est alors singulièrement rétréci, mais les affleurements de houiller sont encore visibles et fossilifères, permettant de retrouver la forme synclinale. Il se continue, au Sud de la Dordogne (rivière), dans la concession renoncée de Singles, où quelques petites exploitations ont été récemment reprises. Une coulée basaltique, de direction générale Est-Ouest, isole la partie Nord du bassin, où s'effectue l'exploitation la plus importante.

Contrairement à l'opinion émise récemment par H. Desrousseaux, cette coulée n'a nullement cokéfié les couches de houilles (3).

Dans ce secteur Nord, on a reconnu les couches suivantes, composées d'un charbon anthracitique, souvent pulvérulent :

1° A la base : couche *Amélie*, visible seulement dans le flanc ouvert et se décomposant en 5 couches secondaires dont la principale peut atteindre 10^{m} de puissance.

2° Une couche dite *intermédiaire*, séparée de la première par une épaisse série de schistes dont le sommet est très fossilifère.

3° La couche *Sainte-Barbe*, décomposée en faisceau du mur et banc du toit.

4° Enfin, au sommet, la couche *Saint-Philippe*, comprenant à la base 4 bancs inexploités surmontés de schistes rubannés (tonstein) auxquels succèdent le banc du mur et le banc du toit.

Le tout est recouvert, à Messeix, d'abord par des schistes fins, puis par des poudingues et des grès, tout au sommet.

A Messeix, la flore comprend un petit nombre d'espèces, mais leur fréquence permet cependant de distinguer plusieurs zones :

1° Dans les couches : Amélie, Intermédiaire, Sainte-Barbe, on observe de nombreux Pécoptéridées : *Pecopteris bioti*, *P. lepidorachis*, *P. polymorpha*, *P. hemiteloides*, *feminæformis*. On y rencontre aussi : *Callipteridium gigas*, *C. pteridium*, *Neuropteris Planchardi*, *Odontopteris Reichi;* des Calamariées : *Annularia stellata*, *A. sphenophylloides*, des *Poacordaites* et *Dorycordaites*, quelques Sigillaires cannelées.

Cette zone présente les caractères paléontologiques de la flore dite de *Saint-Étienne*. Il semble logique de lui attribuer un âge stéphanien moyen. Cependant la présence des Sigillaires cannelées, qui ne montent que jusqu'à la 13e couche Grüner, oblige à en faire l'homologue de la série de la Grand'Combe du bassin du Gard.

---

(1) Séance du 27 novembre 1946.

(2) Carte géologique de la France au 1/80.000. Feuille d'Ussel.

(3) *Bassins houillers et lignitifères de France. Statistique de l'Industrie minière*, Paris, 1938, p. 169.

Au-dessus de Sainte-Barbe, la couche Saint-Philippe montre une flore à caractères à peu près identiques, mais qui se distingue par l'abondance des Calamariées : *Calamites suckowi, C. gigas. C. Göpperti, C. undulatus* et l'absence de Sigillaires cannelées. Elle se place donc au sommet du Stéphanien moyen et correspond à la série de Champclauson du bassin du Gard.

3° Au Sud de Messeix, près du hameau des Vialles, les couches précédentes sont recouvertes par des formations très fossilifères. A côté d'espèces déjà rencontrées dans les couches inférieures, on voit apparaître, encore rare il est vrai, *Odontopteris minor*. On se trouve, sans doute, dans la zone de passage marquant le début du Stéphanien supérieur.

4° De nombreux affleurements s'échelonnent, encore plus au Sud, sur une dizaine de kilomètres jusqu'au village de Singles.

A côté de quelques espèces banales : *P. polymorpha, P. lepidorachis, Alethopteris grandini, Callipteridium gigas, Sphenopteris sterzeli*, il faut signaler l'apparition en masse d'*Odontopteris minor* et de *Poacordaites linearis*, caractéristiques du sommet du Stéphanien. Cette formation est donc à rapprocher de la série d'Aveaize du bassin de Saint-Étienne.

Ainsi, le remplissage du bassin, commencé par le Nord, s'est rapidement effectué durant le Stéphanien moyen. Ces couches synclinales doivent se rencontrer en profondeur, dans la partie Sud, écrasées contre la bande de granite de l'Ouest. Au-dessus d'elles, le remplissage s'est poursuivi durant tout le Stéphanien supérieur. Aucune observation n'a pu être faite au Sud de Singles, dans les concessions renoncées de *la Burande* et de *Varazennes*.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les chondriosomes des organes moteurs des feuilles de* Mimosa pudica *L.* Note (¹) de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Dans une précédente Note (²) nous avons décrit les changements profonds qui atteignent les chondriosomes des cellules de *Cichorium* lorsque des fragments de tubercule sont immergés dans l'eau. La recherche de circonstances analogues dans lesquelles des cellules, ou certains de leurs constituants, subissent des modifications de teneur en eau, nous conduit naturellement à l'étude des renflements moteurs des feuilles de Sensitive, qui s'opère, dit-on, à la faveur de déplacements d'eau entre les diverses phases cellulaires.

Rappelons que les feuilles de *Mimosa pudica* présentent trois séries d'organes moteurs : chaque feuille porte un renflement à la base du pétiole principal, quatre renflements secondaires : un à la base de chacun des quatre pétioles secondaires, et une série de renflements foliolaires, chacune des nombreuses folioles en portant un à sa base.

On sait que de très faibles excitations mécaniques provoquent l'abaissement du pétiole principal et des pétioles secondaires, et au contraire le redressement des folioles qui s'appliquent deux à deux par leur face supérieure. Pour fixer

(¹) Séance du 2 décembre 1946.

(²) *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 1187-1189.

les cellules motrices à l'état de repos, il est donc nécessaire d'insensibiliser les plantes à l'excitation que produisent obligatoirement les opérations de prélèvement. Pour cela, nous les avons anesthésiées aux vapeurs de chloroforme. Une anesthésie légère suffit; toutefois, au cours-même de l'anesthésie, les folioles se replient lentement; seuls les pétioles principaux et secondaires demeurent immobiles dans la position dressée. Quant à la fixation des cellules après l'excitation, elle ne demande aucune précaution spéciale.

Nous avons étudié les chondriosomes dans les trois séries d'organes moteurs et dans des cellules de parenchyme chlorophyllien banal, situées hors des renflements. Ces dernières se sont montrées semblables dans les plantes excitées et dans celles anesthésiées. Le chloroforme ne paraît donc pas avoir modifié le chondriome de ces cellules. Quant aux cellules motrices, si l'on considère séparément les pièces fixées après anesthésie d'une part, après excitation d'autre part, le chondriome présente le même aspect chez les trois types de renflements. En particulier, bien que les folioles se soient repliées lentement pendant l'anesthésie, le chondriome de leurs organes moteurs est, après celle-ci, semblable à celui des autres renflements non excités. Ce mouvement lent n'a donc pas été associé à des modifications cytologiques suffisamment intenses pour influencer la forme des chondriosomes. Au contraire, l'excitation mécanique de la feuille les modifie considérablement.

Les cellules motrices ont un contour à angles arrondis, beaucoup sont presques sphériques, et de larges méats les séparent. Leur membrane est épaisse (sauf dans la région ventrale des renflements foliaires); elle n'est jamais lignifiée. Le noyau présente un seul nucléole et d'assez gros chromocentres. Le cytoplasme, pelliculaire, renferme des chloroplastes, distendus par des grains d'amidon lenticulaires et volumineux, ainsi que des chondriosomes. L'appareil vacuolaire comporte des vacuoles spécialisées, à tannins, et des vacuoles dépourvues de composés phénoliques. Il a été étudié par G. Mangenot ([3]).

Dans les cellules fixées après anesthésie (*fig.* 1), les chondriosomes sont extrêmements fins; ce sont de petits grains, certains sphériques, le plus souvent ellipsoïdaux, de courts bâtonnets bacilliformes, et, çà et là, des filaments plus longs (jusqu'à 5^{μ}) (*fig.* 1). Mais de toute manière le diamètre de ces chondriosomes paraît toujours compris entre 1/4 et 1/3 de micron.

Au contraire, dans les cellules fixées après excitation mécanique, on trouve des chondriosomes courts, mais épais, et beaucoup plus aisés à observer (*fig.* 2). Les formes allongées sont peu nombreuses, parfois totalement absentes : les chondriocontes se sont raccourcis et épaissis, les éléments bacilliformes également, et ils se retrouvent, ainsi que les grains, sous forme de sphérules ou d'ovoïdes dont une forte proportion est vésiculisée. La vésiculisation résulte

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 97, 1927, p. 342.

d'une séparation de la substance mitochondriale en deux phases : à l'intérieur du chondriosome, il apparaît une phase, probablement aqueuse, non colorable, sous l'aspect d'une inclusion, entourée par la substance lipoprotéique colorable (*fig.* 2). Le diamètre des chondriosomes, compris maintenant entre $0^{\mu},6$ et $1^{\mu},5$,

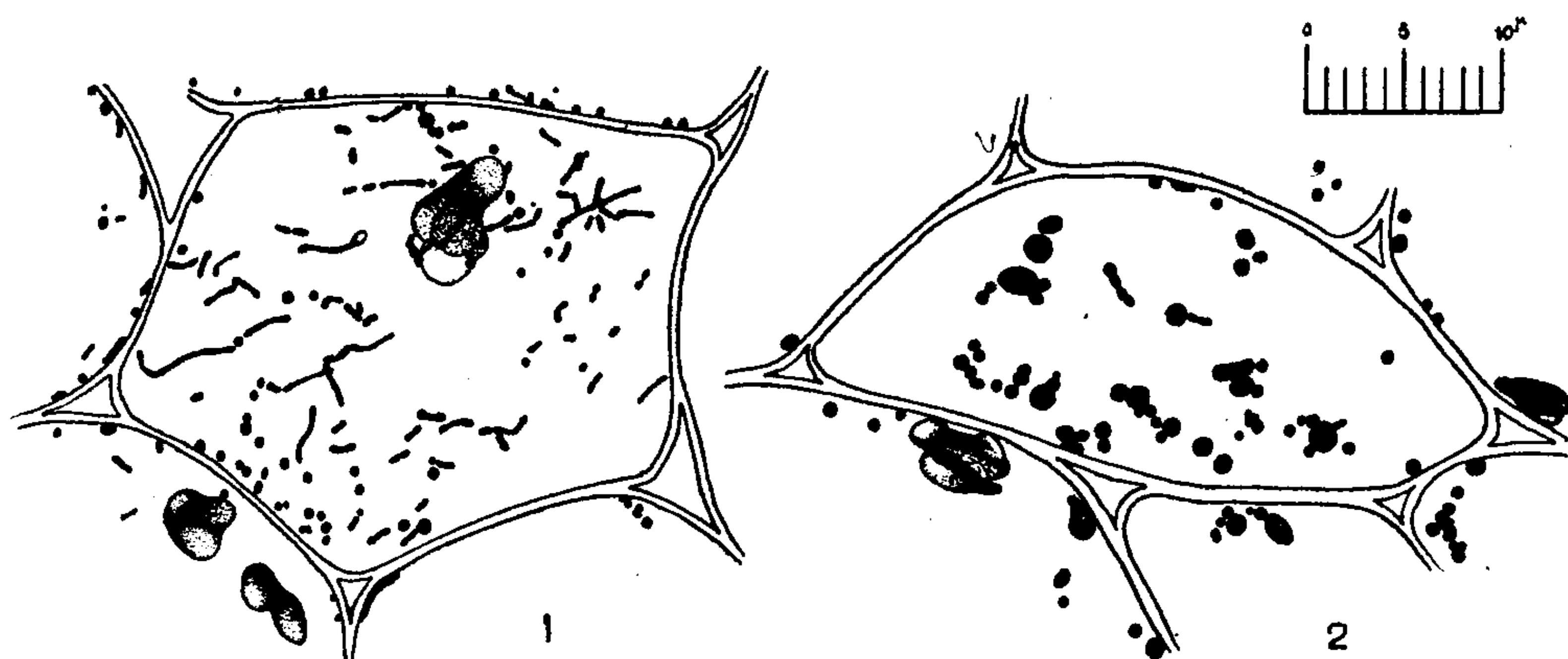


Fig. 1. — Cellule de renflement moteur pétiolaire fixée après anesthésie.
Fig. 2. — Cellule fixée après excitation de la feuille.
Les deux figures représentent des fragments, vus de face, de cytoplasme pariétal.
Les chondriosomes et les chloroplastes sont seuls visibles. (Regaud, Hématoxyline.)

a donc triplé ou quadruplé, et le chondriome, après l'anesthésie et après l'excitation, montre des différences très frappantes.

Ces changements semblent indiquer que les chondriosomes absorbent de l'eau lors de l'excitation de la plante. Cette hypothèse est confirmée par les vésiculisations provoquées expérimentalement sur *Cichorium* [1]. La rapidité du processus ne permet pas de supposer que cette eau provienne d'ailleurs que de la cellule elle-même, et nous sommes conduit à penser que l'excitation de la plante produit une apparition d'eau *libre* dans le cytoplasme; cette eau, libérée ou non retenue par lui, est absorbée par lés chondriosomes. En outre, dans les folioles, le mouvement est différent de celui des pétioles. Il serait intéressant de reconnaître les raisons de ces effets, apparemment opposés d'une même modification cellulaire.

MYCOLOGIE. — *Distribution géographique des Champignons du genre* Meliola. Note de M. **Gabriel Arnaud**, présentée par M. Roger Heim.

Dans un travail antérieur [1] nous avons montré que les Pyrénomycètes du genre *Meliola* (*sensu lato* = Méliolinées) connus à ce moment-là avaient une distribution géographique en rapport avec la pluviosité du climat; ce qui expli-

---

(1) *Comptes rendus*, **164**, 1917, p. 574; *Thèse de doctorat*, Paris, 1918, pp. 3, 31, 253-257, carte I.

quait deux faits en apparence contradictoires : leur abondance dans les pays tropicaux et leur présence dans les hautes montagnes d'Europe. Cependant quelques rares espèces avaient été observées dans les parties marécageuses des plaines tempérées : *M. nidulans* (Neger), *M. Cyperi* var. *italica* (Saccardo, Allorge et R. Heim), *M. calostroma* (Roberge). Enfin H. et P. Sydow (1915)(²) ont décrit un nouveau genre *Cheiropodium* dont le type *Ch. flagellatum* paraît établi, au moins en partie, sur le mycélium d'un *Meliola*; il a été observé sur *Carex*, au Japon. Les marécages constituent donc dans ce cas un microclimat équivalent aux zones régulièrement pluvieuses.

Des observations effectuées depuis quelques années ont montré que cette dernière notion devait être considérablement amplifiée et que les *Meliola*, dont peu de botanistes des régions tempérées s'occupent, étaient probablement parmi les Micromycètes les plus répandus dans nos pays; mais ils s'y rencontrent presque uniquement sous la forme mycélienne. Ce mycélium, toujours externe, est caractéristique à cause de la présence d'appendices spéciaux : les *stigmopodies* (Hyphopodies capitées des auteurs) qui sont le point de départ des suçoirs pénétrant dans l'hôte.

L'examen des endroits marécageux des environs de Paris et du Midi de la France (Gard) a montré, partout où nous avons cherché, qu'un grand nombre de plantes du groupe des Monocotylédones (Cypéracées surtout) portent sur les gaines foliaires vivantes, près du sol humide ou près de l'eau, un mycélium de *Meliola* caractéristique. Dans une pousse le mycélium peut s'étendre à toutes les gaines emboîtées les unes dans les autres et à la tige ou hampe florale s'il y a lieu. Il est vraisemblable que ce mycélium se rencontre un peu partout dans la zone tempérée. Nous l'avons étudié surtout sur des *Cypéracées* (*Carex vesicaria, C. pseudo-Cyperus, C. vulpina, C. pendula, C. hirta, C. riparia, Scirpus silvaticus*). Il n'a pas été trouvé, malgré des recherches attentives, sur le *Scirpus holoschoenus* et le *Cyperus longus*, espèces pourtant communes.

Il est très commun également sur des Graminées (*Glyceria aquatica*, *Phragmites communis*), des Iridacées (*Iris pseudoacorus*), des Typhacées (*Sparganium ramosum*) et des Joncacées (*Juncus silvaticus = J. acutiflorus*).

Les caractères des *stigmopodies* sont différents pour chacun des hôtes; on peut donc penser qu'il y a plusieurs espèces de *Meliola* sur les végétaux palustres étudiés.

Aucun mycélium mélioloïde n'a été observé par nous dans les mêmes stations sur des Dicotylédones, quoique des *Meliola* aient été signalés ailleurs sur *Vaccinium*, *Rubus* etc. (avec périthèces).

Il est à remarquer que les *périthèces* de diverses Méliolinées ont été observés sur diverses Cypéracées; aucun n'a été signalé par Stevens (³) sur les Typhacées, Iridacées, Joncacées.

(²) *Novæ fungorum species* (*Ann. mycologici*, **13**, 1915, p. 42, fig. 3).
(³) *The Meliolineæ* (*Ann. Mycologici*, **25**, 1927, p. 405, et **26**, 1928, p. 165).

L'extension à distance des Méliolinées connues sous la forme mycélienne seule, dans les plantes de marécages, pose une question difficile à résoudre; chez les Méliolinées en effet les *périthèces* sont la seule forme sporée connue (les conidies, signalées à tort, étaient celles de parasites); sur les plantes des lieux humides le mycélium des *Meliola* peut s'étendre le long des gaines foliaires d'une même pousse sur dix centimètres et plus, mais cette extension ne peut pas expliquer la dispersion à grande distance de ces champignons dont le mycélium paraît avoir une vie parasitaire obligatoire.

Les phytogéographes spécialisés dans l'étude des plantes phanérogames des marais pourront peut-être trouver ces formes à asques qui ont échappé à nos recherches attentives poursuivies depuis plusieurs années (1942).

ALGOLOGIE. — *La spécificité des gonidies des Phycolichens.* Note de M. **Raymond Dughi**, présentée par M. Roger Heim.

En l'absence de recherches récentes, on identifie encore, comme aux premiers temps de la théorie schwendénérienne, les gonidies-*Nostoc* de l'importante famille des Collémacées, soit à une seule espèces de *Nostoc*, le *N. sphæricum* (= *N. lichenoides*), soit à deux espèces, car Bornet rapportait la gonidie du *Collema pulposum* au *N. commune*. Cette opinion, qu'on doit prendre *cum grano salis* selon le mot de L. Geitler, repose sur la généralisation abusive de quelques faits; elle est déjà en contradiction avec les observations que nous avons consacrées aux *Physma*, *Lempholemma*, *Collema* et *Leptogium* d'Europe : les gonidies de ces Lichens, malgré les déformations dues à la symbiose et le manque constant de kystes ou spores durables, offrent des types variés, non seulement dans la forme et la couleur de leurs cellules en état de repos ou de division, mais surtout dans les limites de variation de la largeur de leurs trichomes et dans la taille de leurs hétérocystes, considérée en elle-même ou comparée aux dimensions des cellules végétatives.

Mais de plus grandes précisions nous sont fournies par l'étude des phénomènes d'adsorption de l'iode par les gelées gonidiales telles que nous les avons précédemment fait connaître dans leurs traits essentiels ([1]). Nous retiendrons, en effet, les points suivants :

1° Contrairement aux vues anciennes, toutes les gelées gonidiales des Collémacées rougissent lorsqu'on les met en équilibre réversible avec des solutions iodo-iodurées de concentrations convenables.

2° L'action de solutions de concentrations croissantes sur des coupes d'épaisseur uniforme conduit à un premier classement des gelées selon les concentrations minima des solutions qui provoquent leur rougissement (nous avons

([1]) Sur la *réaction à l'iode* du thalle des Phycolichens (*C. R. des Tavaux de la Faculté des Sciences de Marseille*, 1re série, **1**, vi, 1942, p. 90-93).

distingué dès maintenant une vingtaine de groupes), et ce classement peut être poursuivi, par la comparaison des vitesses d'adsorption de l'iode, jusqu'à l'obtention d'une série à termes plus nombreux encore (ainsi le *Collema microphyllum*, le *Leptogium Massiliense*, le *Collema cristatum* Harm. rougissent tous trois dans la solution à 15 °/₀₀ et se rangent dans l'ordre ci-dessus d'après leurs avidités respectives pour l'iode.

3° Les espèces et les variétés bien définies se comportent d'une manière constante vis-à-vis de l'iode quel que soit l'âge des échantillons.

4° Le pouvoir d'adsorption des gelées pour l'iode est un caractère propre à la gonidie, ce n'est pas un caractère consortial : il se maintient égal à lui-même dans les gonidies partiellement ou entièrement libérées des granulations thallines et dans toutes les régions jeunes ou vieilles du thalle, et, dans le cas de synthèse naturelle (*Collema glaucescens*), il est identique dans le Lichen, dans le Nostoc libre ou dans le Nostoc partiellement engagé dans la symbiose.

5° De là la présence parmi les Nostocs gonidiaux, dépourvus de sexualité comme toutes les Cyanophycées, de races ou de clones distincts, en nombre très supérieur à celui des espèces de Nostocs aériens définis par les taxonomistes.

6° O. Jaag a découvert que certains *Parmelia* pouvaient posséder deux ou plusieurs sous-espèces de gonidies du type *Cystococcus* (*Trebouxia* De Puymaly); pareillement, chez les Collémacées, un même Champignon lichénique est capable de se lier à des gonidies-*Nostoc* différentes par leurs *réactions à l'iode* et aussi par d'autres caractères; c'est ce qui résulte, par exemple, de l'étude comparative des *Collema pulposum* et *tenax* ou des variétés du *Leptogium scotinum* Harm.

Il existe donc, très généralement, une spécificité des gonidies-*Nostoc* tout à fait comparable à la spécificité des gonidies vertes mise en évidence par R. Chodat et son école ([2]) grâce à la méthode des cultures pures sur milieu standardisé. La théorie de la spécificité des gonidies, une fois de plus confirmée et étendue, s'élève ainsi, nous semble-t-il, au rang de fait positif d'ordre général, et il apparaît que son interprétation biochimique, plus encore que celle de l'équilibre morphologique et physiologique entre les symbiotes, constitue le problème capital de la lichénologie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Adsorption par les hydrosols.*
Note de Mme CHARLOTTE COHN, transmise par M. Jacques Duclaux.

Le but de ce travail est l'étude d'adsorbants nouveaux, utilisables dans les travaux de chimie biologique. En général, on réalise l'adsorption sur des solides en poudre fine. Il est théoriquement préférable de la réaliser sur les

([2]) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 469.

particules d'un hydrosol, beaucoup plus petites que les grains d'une poudre. La surface de contact étant plus grande et le contact meilleur, la réaction sera plus rapide et plus complète avec une quantité d'adsorbant bien moindre. Pour achever la séparation, l'hydrosol sera ensuite floculé et centrifugé; le produit adsorbé sera ainsi concentré dans un petit volume.

Dans le choix des hydrosols, j'ai tenu compte de l'intérêt qu'il y a à connaître les propriétés de nouvelles substances adsorbantes; car chacune d'elles a des propriétés particulières qui doivent, dans des cas déterminés, la faire préférer aux autres. J'ai étudié les hydrosols de corps appartenant à trois familles chimiques : hydrates ferrique et thorique, ferrocyanures ferrique et cuivrique, sulfure d'arsenic. Les trois derniers, et surtout le sulfure d'arsenic, ont été choisis en raison de leurs propriétés très favorables à la désorption. Ils peuvent en effet être complètement dissous par des solutions faiblement acides ou alcalines. La désorption est ainsi rapide, totale, et ne faisant intervenir aucun solvant donne directement une solution concentrée du produit cherché.

Les propriétés adsorbantes générales de ces hydrosols étant inconnues, j'ai commencé par étudier leur action sur des colorants synthétiques et des pigments naturels. Chaque hydrosol et chaque produit agissent l'un sur l'autre d'une façon particulière, manifestant une spécificité souvent très nette. Cette propriété est avantageuse pour les applications pratiques, puisque l'adsorption, devant servir à des séparations, n'est efficace qu'en vertu de cette spécificité. Mais elle empêche de résumer en termes généraux les résultats qui aboutissent à un grand nombre de cas particuliers. Cependant, en général les colorants du triphénylméthane (fuchsine, vert malachite) sont faiblement adsorbés. Par contre il arrive que, comme on pouvait s'y attendre en raison de l'étendue des surfaces de contact, l'adsorption soit très forte pour d'autres produits. Par exemple, 10^{mg} de sulfure d'arsenic en solution aqueuse entraînent 12^{mg} de phénosafranine; 10^{mg} de ferrocyanure ferrique ou cuivrique entraînent 11^{mg} de bleu Victoria. L'adsorption des colorants colloïdaux, tels que le rouge Congo, peut être pratiquement totale.

L'adsorption est bien moindre en milieu alcoolique qu'en milieu aqueux, et l'élution peut souvent se faire par un simple lavage à l'alcool.

J'ai étudié aussi des produits naturels, appartenant à des familles aussi variées que possible. La lactoflavine, la crocine du safran, l'alizarine, l'orcéine, la cochenille, le tournesol bleu sont en général fortement adsorbés par le sulfure d'arsenic, beaucoup moins par les ferrocyanures. La fixation du tannin est pratiquement totale. Avec les protéines (hémoglobine, ovalbumine, caséine, sérumglobuline), l'adsorption est généralement très forte et demande par suite peu d'adsorbant, mais si l'on en réduit trop la quantité, on voit souvent apparaître un phénomène de protection, la solution mixte devenant incoagulable. Il en est de même avec les gommes.

Dans l'ensemble, l'expérience a montré que les hydrosols sont des adsorbants

actifs, efficaces en quantité très petite : le poids du corps adsorbant et celui du corps adsorbé sont souvent du même ordre de grandeur. Ils se prêtent particulièrement bien à la désorption. Ils sont surtout avantageux dans les cas où il faut récupérer rapidement des substances contenues en très petite quantité dans de grands volumes, car ils se répartissent immédiatement dans toute la masse et peuvent ensuite être fortement concentrés par floculation. Par exemple le lycopène, en solution aqueuse très étendue et pratiquement incolore, peut être rassemblé dans un volume au moins 100 fois plus faible.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Modifications histologiques du foie au cours du pyruvisme expérimental chez la Souris.* Note [1] de Mme **Nadine Dobrovolskaïa-Zavadskaïa** et M. **Vladimir Momsikoff**.

Nous entendons sous le nom de *pyruvisme* un syndrome reproduisant le béribéri expérimental et provoqué chez la Souris, en l'absence d'avitaminose B_1, par des injections sous-cutanées du pyruvate de sodium à 10 % [2]. Au cours des examens histologiques des organes des animaux morts à la suite de ces injections, notre attention a été attirée par des altérations du foie se reproduisant avec beaucoup de régularité. Du moment que les expériences ont été faites sur des jeunes souriceaux (âgés de 4 à 6 semaines), il est peu probable qu'on puisse attribuer les modifications observées à une autre cause qu'au pyruvate. Nous présentons, sur la figure ci-contre, trois exemples de ces études et donnons plus bas quelques détails sur ces observations :

1° 58906 XVII, poids 6^g. A $11^h 20^m$, injection de $0^{cm^3},2$ de solution du pyruvate; l'animal est très frappé, respire difficilement, reste sur le dos; $11^h 55^m$, cherche vainement à se retourner; 12^h, hyperextension de la tête, comme s'il lui manquait de l'air; $12^h 15^m$, convulsions, étire les pattes, meurt. Au microscope, le foie présente une certaine hyperémie, n'atteignant pas beaucoup les capillaires. Le cytoplasme des cellules hépatiques a sensiblement perdu son homogénéité et se présente sous forme granuleuse (*fig.* 1).

2° ♂ 58760 XVII, poids $7^g,5$; 2 injections, l'une de $0^{cm^3},2$ et l'autre de $0^{cm^3},25$ de solution de NaCl à 5 % pendant 2 jours successifs; mort sans convulsions 3 h. 20 min. après la deuxième injection. Au microscope, le foie est hyperémié, le cytoplasme des cellules hépatiques reste homogène (*fig.* 2).

3° ♂ 58908 XVII, poids $8^g,5$. Injections alternatives du pyruvate (16 fois) et du chlorure de sodium (12 fois) pendant un mois. Mort à la suite d'une injection de $0^{cm^3},6$ de solution pyruvique. Au microscope, le foie est hyperémié et beaucoup de cellules de Küpffer sont pigmentées. Le cytoplasme des cellules hépatiques se présente tantôt vacuolisé, tantôt granuleux; les noyaux restent sans altération grave (*fig.* 3).

En résumé, sous l'influence de pyruvate de sodium, le cytoplasme des cellules

---

[1] Séance du 27 novembre 1946.

[2] N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 248; N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa et N. Yourkovsky, *ibid.*, **222**, 1946, p. 611.

hépatiques perd son homogénéité, comme s'il y avait une espèce de condensation, de coagulation d'un côté, et de dégagement de liquide de l'autre, aspect tantôt granuleux, tantôt vacuolisé du cytoplasme.

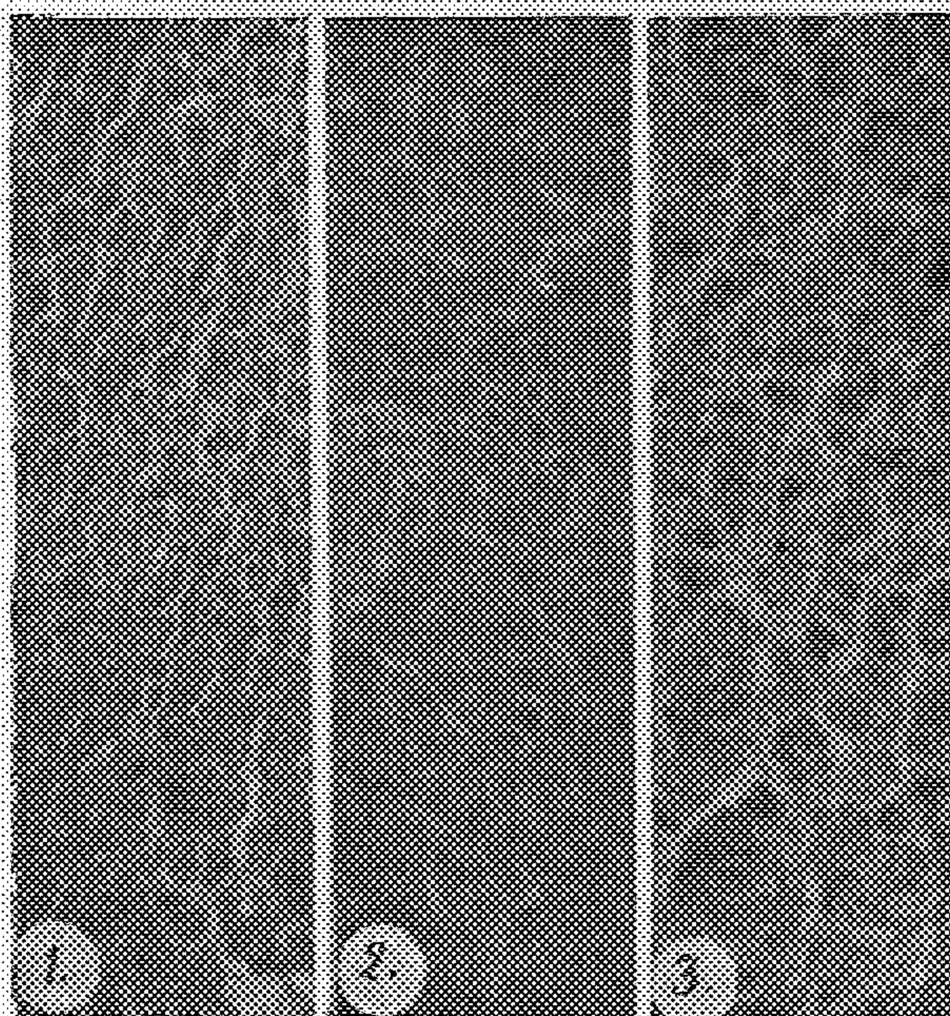


Fig. 1. — Effet sur le foie du pyruvate de sodium : aspect hétérogène du cytoplasme.
Fig. 2. — Effet sur le foie du chlorure de sodium : hyperémie (vaisseau dilaté au milieu du bord gauche), le cytoplasme hépatique reste homogène.
Fig. 3. — Alternance des injections pyruviques et des injections salines : cytoplasme hépatique très hétérogène.

Il est tout à fait probable que cette modification est produite par l'acide pyruvique et non par l'ion de Na. Du moins, chez les animaux morts sous l'influence de la solution hypertonique de NaCl ([3]), le foie est, en général, très hyperémié, mais le cytoplasme hépatique reste homogène (*fig.* 2). Pourtant le NaCl n'a pas manifesté d'action protectrice dans le cas 3°. Il est vrai que le cytoplasme hépatique a paru, dans certaines expériences ([4]), moins altéré après injections de solution combinée de pyruvate et de chlorure de sodium. Mais cela s'explique par le fait que ces animaux meurent à des doses moindres de pyruvate.

Les modifications observées se trouvent peut-être en rapport avec le fait constaté par S. Ochoa ([5]) que le foie est un organe qui semble transformer

---

([3]) N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa et V. Momsikoff, *Bull. Acad. Méd.*, 126, 1942, p. 328.

([4]) N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa et V. Momsikoff, *Comptes rendus*, 222, 1946, pp. 935-936.

([5]) *Biochem. Journ.*, 33, 1939, pp. 1263-1270.

le plus d'aneurine en cocarboxylase (pyrophosphate de l'aneurine) nécessaire pour la décarboxylation oxydative de l'acide pyruvique. En effet, dans un de nos cas, où le pyruvate a été combiné avec l'administration de la vitamine B_1, le cytoplasme du foie est extrêmement morcelé par l'accumulation d'un produit qui reste incolore sur les préparations microscopiques.

Les noyaux hépatiques ne présentant pas d'altération nette, on peut supposer que la lésion relatée offre un caractère réversible. Néanmoins, dans un cas de survie de 1 mois $^1/_2$ après la fin du traitement par pyruvate et chlorure de sodium, l'homogénéité du cytoplasme hépatique n'a pas encore été complètement rétablie (*).

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La naissance du réflexe amoteur chez le jeune Crapaud.* Note (1) de M. CLAUDE GAUTHIER, présentée par M. Léon Binet.

Du latin *amovere, amotum*, écarter, éloigner, pour désigner d'un mot le réflexe bien connu de tous les physiologistes par lequel les Batraciens chassent loin du corps, avec la patte postérieure, un objet irritant.

Dans une Note précédente, j'ai pu donner sur ce point quelques précisions nouvelles, et je disais (2) que j'étudierai sur le têtard ce réflexe localisateur. Mes expériences ont d'abord porté sur des têtards apodes, dépodes et tétrapodes de Crapaud (*Bufo vulgaris* L.), capturés le 4 août 1946, nourris de miettes de pain.

Un certain temps avant leur transformation en crapelets, les têtards tétrapodes exécutent sans cesse dans l'eau un léger mouvement de la mandibule, en concordance avec l'élévation et l'abaissement très fréquent du plancher buccal. Peu à peu on voit les têtards séjourner de plus en plus longuement vers la surface de l'eau. Après trois ou quatre jours de cette attitude, on les retire de l'eau, *où ils se noieraient*, et, avec une cuiller à café on les dépose au fond d'un vase de pile cylindrique, à la surface horizontale d'une éponge occupant tout le fond du vase. On a soin de recouvrir les récipients d'un morceau de tulle-filet, à trous assez étroits (4^{mm^2} dans mes expériences), soigneusement ficelé. Sans cette précaution on perdrait tous les crapelets, qui grimpent le long de la paroi de verre et s'échappent. On aura soin de mettre de l'eau au fond du vase de pile, sans qu'elle affleure à la surface de l'éponge.

Les têtards qui m'ont fourni les résultats ci-après avaient tous, à l'état de larves apodes, subi l'amputation transversale de la queue, en appuyant sur elle, au milieu de sa longueur, une aiguille placée au bout d'une pince à forcipressure et rougie au feu.

(*) Ce travail a été fait en partie sous les auspices de « Donner Foundation ».

(1) Séance du 2 décembre 1946.

(2) *Comptes rendus*, 210, 1940, pp. 416-418. Dans cette Note, à la quatrième ligne avant la fin, *lire me semble au lieu de ne semble.*

Expérience I. — Dans le fond d'une moitié de boîte de Pétri, on met un peu d'eau, de façon à juste le recouvrir. Le têtard étant déposé sur cette couche d'eau, on met à l'aide d'une fine pointe, sur la moitié postérieure de son corps, un carré de papier d'un peu moins d'un millimètre de côté, qu'on a trempé dans une solution d'une partie d'acide acétique cristallisable pour quatre d'eau. Les têtards, même tétrapodes, ne réagissent à cette irritation que par la fuite, par une projection du corps en avant. *Chez le têtard, le réflexe amoteur n'existe pas.*

Expérience II. — Animal sorti de l'eau le 16 août, laissé à jeun jusqu'au 30 août. Il ne s'intéressait d'abord pas aux mouches à ailes arrachées qu'on mettait près de lui. Le 30 août il s'y jette volontiers dessus. La mouche est jetée sur l'éponge. Lorsqu'il l'aperçoit *remuer*, le crapelet se jette sur elle bouche en avant. Il la happe et, au besoin, à l'aide de ses pattes antérieures, il achève de la faire entrer dans sa bouche. Il accepte aussi des bruches. Le 16 septembre on fait la réaction du réflexe au papier acidulé. Le petit crapaud porte aussitôt la patte postérieure droite à ce niveau et s'efforce, mais sans y réussir, de l'enlever avec ses doigts trop ténus.

Expérience III. — Crapelet du 19 septembre. Même expérience, avec même résultat le 19 octobre.

Les réflexes ne sont donc pas des manifestations d'une intelligence personnelle, *intrinsèque* à l'animal considéré. Et pourtant le réflexe d'autotomie des Crustacés (Léon Frédericq) ([3]), comme le réflexe amoteur des Batraciens, sont en eux-mêmes intelligents et intelligibles. Ils constituent, comme l'instinct, un acte d'intelligence naturelle *extrinsèque*, donnée, rigide, incluse déjà dans le dispositif anatomo-physiologique, et patrimoine commun d'un groupe biologique; intelligence *homogène* de tous les membres d'une espèce.

L'intelligence individuelle, personnelle, *hétérogène*, acquise, variable suivant les individus, ne s'est développée sur notre globe qu'avec l'évolution des Mammifères, particulièrement de l'Homme. Elle demeure d'ailleurs fortement mélangée de réflexes. Les reptiles gigantesques de l'ère secondaire n'avaient qu'un cerveau de quelques grammes avec une moelle de plusieurs dizaines de mètres, parfois. Ils n'avaient à peu près que des réflexes. Ils devaient donc être d'une étonnante précision de gestes et non, comme l'a dit James Jeans ([4]), des ébauches mal réussies et empotées.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Influence de l'accommodation sur l'aberration sphérique de l'œil.* Note ([1]) de M. ALEXANDRE IVANOFF, présentée par M. Jean Becquerel.

L'existence de l'aberration sphérique de l'œil ainsi que la probabilité d'une variation de sa valeur, et même de son signe, suivant l'état d'accommodation, sont établies depuis longtemps (Young, Volkmann, Tscherning).

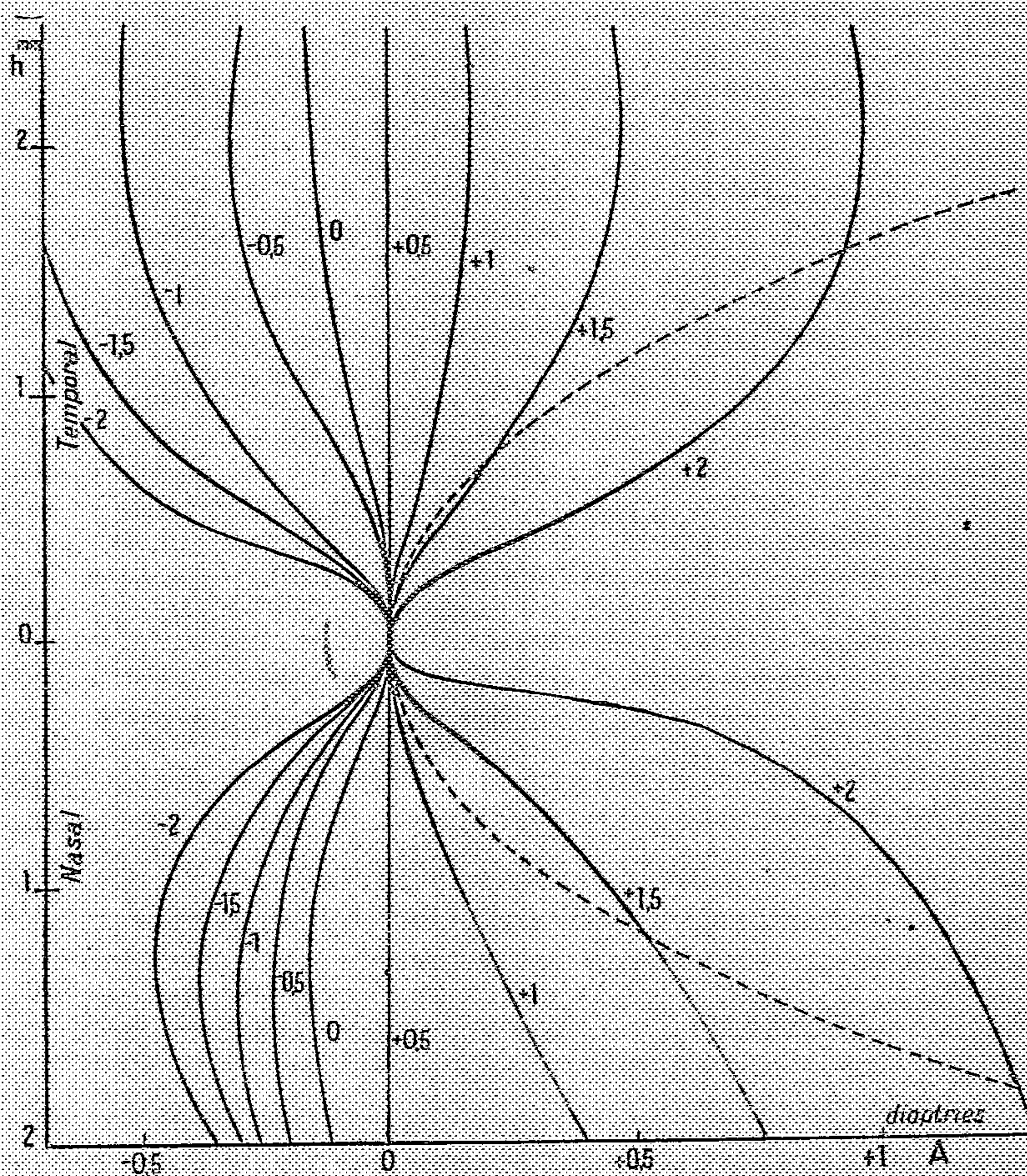
([3]) *La lutte pour l'existence chez les animaux marins.* Paris, 1889, p. 238.

([4]) *A travers l'Espace et le Temps*, Paris, 1935, pp. 47, 48, 49.

([1]) Séance du 13 novembre 1946.

Mais, à ma connaissance, seuls Ames et Proctor (1921) ont tenté quelques mesures quantitatives, isolant un pinceau central et un pinceau marginal à l'aide de deux petits trous percés dans un écran placé devant l'œil, l'autre œil étant occlus. Ces mesures étaient à reprendre systématiquement, et surtout, par une méthode permettant une meilleure fixation de l'état d'accommodation, celui-ci étant mal défini en vision monoculaire n'utilisant que deux petits trous percés dans un écran.

J'entrepris la mesure de l'aberration sphérique de l'œil en lumière dirigée, à l'aide d'un montage mis au point sous la direction de M. Yves Le Grand, et déjà décrit antérieurement ([2]). Les deux yeux de l'observateur étant ouverts



(quoiqu'un seul intervienne dans la mesure), l'état d'accommodation est bien fixé. Afin d'étudier son influence, il suffit de placer devant les yeux de l'observateur différents verres d'essai : plus ceux-ci sont divergents, plus le sujet est

([2]) *Comptes rendus*, 223, 1946, pp. 170-172.

obligé d'accommoder pour avoir une image rétinienne nette des deux fils à aligner ([2]), situés à 3 mètres de distance environ.

Voici les résultats obtenus sur un œil hypermétrope de + 2 dioptries, avec pupille naturelle [en abscisse la valeur de l'aberration sphérique en dioptries, positive en cas de sous-correction, négative en cas de sur-correction; en ordonnée la distance à l'axe achromatique ([3]); à côté de chaque courbe la puissance du verre placé devant l'œil; afin de ne pas surcharger la figure on n'a pas représenté les points expérimentaux, déterminés, pour chaque état d'accommodation, tous les $0^{mm},5$]:

La même étude, effectuée sur quatre autres yeux, a donné des résultats analogues. On peut en déduire que :

1° L'accommodation influe énormément sur la valeur de l'aberration sphérique totale de l'œil, la faisant passer de la sous-correction à la sur-correction. Tscherning, se basant sur les résultats qualitatifs obtenus à l'aide de son *aberroscope*, avait déjà signalé le phénomène et fourni son explication : lors de l'accommodation, les faces du cristallin s'aplatissent, et la sur-correction cristallinienne l'emporte sur la sous-correction cornéenne.

2° L'aberration sphérique totale est minima (nulle dans le cas représenté sur la figure) pour une accommodation comprise entre 1 et 1,5 dioptrie suivant les sujets. Je publierai très prochainement l'explication satisfaisante qu'on peut en déduire de la *myopie* nocturne.

3° L'aberration sphérique cornéenne théorique (tracée en trait discontinu) convient plus ou moins approximativement suivant les sujets, pour l'œil désaccommodé, jusqu'à une distance à l'axe variable entre $1^{mm},5$ et $2^{mm},5$ suivant les observateurs (il s'y ajoute toutefois une légère sous-correction du cristallin désaccommodé). Au delà, l'aberration sphérique reste stationnaire ou décroît, probablement par suite d'un aplatissement des dioptres oculaires ([3]).

4° L'œil est fortement sur-corrigé pour des amplitudes d'accommodation supérieures à 4 dioptries. Nous verrons très prochainement comment on peut en déduire une explication de la « presbytie » nocturne.

Je signale enfin que la mesure de l'aberration sphérique de l'œil permet de déceler, et même d'évaluer avec une bonne approximation, les spasmes de l'accommodation (j'ai eu l'occasion de le vérifier sur un sujet).

PHARMACODYNAMIE. — *Toxicité comparée de la yohimbine et de son stéréoisomère, la corynanthine, sur un Cyprinidé, le* Rhodeus amarus *L.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Chez les Mammifères, tout au moins chez les Rongeurs, la yohimbine se montre 4 à 5 fois plus toxique que son stéréoisomère, la corynanthine, le rapport entre les doses léthales moyennes (d'après Kärber) des chlorhydrates

([3]) Y. Le Grand, *Revue d'Optique*, **21**, 1942, pp. 71-87.

de ces deux alcaloïdes étant de 1/4,84 chez la Souris ([1]), de 1/4,04 chez le Cobaye ([2]).

Ce rapport semble n'être qu'un peu plus faible chez les Batraciens, puisqu'il est de 1/6,90 chez *Rana temporaria* L. ([2]).

A en croire E. Glaser et O. Haempel ([3]) ce rapport diminuerait considérablement chez les Poissons puisque, pour tuer une bouvière, il faudrait 50 fois plus de chlorhydrate de corynanthine que de chlorhydrate de yohimbine. Mais parce que les essais de ces auteurs ont étés pratiqués dans des conditions très critiquables et sur un nombre tout à fait insuffisant d'animaux, il était indispensable pour décider de leur exactitude, de fixer, sur de plus nombreuses bouvières et avec plus de rigueur, la toxicité relative réelle des chlorhydrates de yohimbine et de corynanthine.

Les animaux ont été introduits par groupes de 10 dans des cristallisoirs contenant 600^{cm^3} de dilutions dans l'eau de fontaine de chlorhydrate de l'un et de l'autre des deux alcaloïdes. On notait le nombre de minutes qui s'étaient écoulées entre cette introduction et la mort de chacun des poissons.

Dans un *premier essai*, nous avons constaté, d'une part que les *Rhodeus amarus* intoxiqués par le chlorhydrate de yohimbine mouraient entre 10 et 16 min. si la dilution était de 1/10000, entre 15 et 40 min. si elle passait à 1/20000, entre 45 min. et 3 heures 35 min. si elle atteignait 1/40000; d'autre part que les bouvières soumises à l'action du chlorhydrate de corynanthine succombaient entre 7 et 9 min. si l'on utilisait une concentration de 1/500. On pouvait donc penser que le chlorhydrate de yohimbine, qui se montre beaucoup moins toxique à la dilution de 1/10000, que le chlorhydrate de corynanthine à celle de 1/500, n'est que moins de 20 fois plus toxique que ce dernier. C'est ce qu'ont confirmé les deux essais suivants :

Deuxième essai (température 21°). — La longueur des bouvières varie entre 32 et 44^{mm}, leur poids de 180 à 920^{mg}.

Chlorhydrate de yohimbine, 1/20000. — Morts : 2 en 12 min., 1 en 13 min., 1 en 14 min., 1 en 16 min., 1 en 18 min., 1 en 25 min., 1 en 29 min., 1 en 36 min., 1 en 38 min. Moyenne arithmétique : 21 min. 3/10.

Chlorhydrate de yohimbine, 1/10000. — Morts : 1 en 5 min., 1 en 6 min., 1 en 7 min., 1 en 9 min., 1 en 12 min., 1 en 13 min., 1 en 14 min., 1 en 15 min., 1 en 17 min., 1 en 19 min. Moyenne arithmétique : 11 min. 7/10.

Chlorhydrate de corynanthine, 1/1000. — Morts : 1 en 12 min., 1 en 15 min., 1 en 19 min., 1 en 20 min., 1 en 22 min., 3 en 23 min., 1 en 24 min., 1 en 26 min. Moyenne arithmétique : 20 min. 7/10.

Chlorhydrate de corynanthine, 1/600. — Morts : 2 en 4 min., 2 en 6 min., 1 en 7 min., 2 en 8 min., 2 en 9 min., 1 en 13 min. Moyenne arithmétique : 7 min. 4/10.

([1]) E. Rothlin et Raymond-Hamet, *Arch. internat. de Pharmacodyn.*, 50, 1935, p. 241.

([2]) Raymond-Hamet, *Bull. des Sc. pharmacol.*, 47, 1940, p. 33.

([3]) *Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol.*, 185, 1937, p. 585.

TROISIÈME ESSAI (température 22°). — La longueur des bouvières varie de 26 à 40mm, leur poids entre 150 et 950mg.

Chlorhydrate de yohimbine 1/20000. — Morts : 1 en 16 min., 2 en 18 min., 1 en 22 min., 1 en 30 min., 1 en 34 min., 1 en 35 min., 1 en 37 min., 2 en 45 min. Moyenne arithmétique : 30 min.

Chlorhydrate de yohimbine 1/10000. — Morts : 1 en 10 min., 2 en 12 min., 1 en 16 min., 2 en 17 min., 2 en 18 min., 2 en 19 min. Moyenne arithmétique : 15 min. 8/10.

Chlorhydrate de corynanthine 1/600. — Morts : 1 en 6 min., 2 en 8 min., 1 en 11 min., 1 en 12 min., 3 en 13 min., 1 en 14 min. Moyenne arithmétique : 11 min.

Puisque d'une part la dilution de 1/600 de chlorhydrate de corynanthine est nettement plus toxique que celle de 1/10000 de chlorhydrate de yohimbine, puisque d'autre part la concentration de 1/1000 de chlorhydrate de corynanthine est beaucoup moins toxique que celle de 1/10000 de chlorhydrate de yohimbine, on doit admettre que le premier est plus de 10 fois, mais moins de 16,66 fois moins toxique que le second. L'écart entre la toxicité de ces deux chlorhydrates chez les Poissons diffère donc beaucoup moins que ne l'avaient affirmé Glaser et Hæmpel de celui qu'on observe chez les autres animaux.

BIOLOGIE. — *Protection des spermatozoïdes par le jaune d'œuf.* Note (1) de Mlle HALINA WILCZYNSKA et M. RAYMOND LAURANS, présentée par M. Maurice Javillier.

Le jaune d'œuf entre dans la composition de la plupart des diluants modernes employés dans les stations d'insémination artificielle; il prolonge la durée de vie des spermatozoïdes et les protège contre divers agents de destruction. Nous avons étudié son action protectrice contre un certain nombre de spermaticides.

Les essais ont été réalisés sur le sperme d'un chien appartenant à la race *Berger de Beauce*, âgé de 14 mois, pesant 23kg.

Il convient de noter que le volume du sperme émis par un même chien varie d'un jour à l'autre, de même que sa conservation. Les durées indiquées n'ont donc pas une valeur absolue, mais ces temps gardent toute leur signification pour une même éjaculation.

L'appréciation de la vitalité n'a pas été basée sur le pouvoir fécondant, mais seulement sur la mobilité des spermatozoïdes; celle-ci persiste plus longtemps que leur pouvoir fécondant.

Les manipulations ont été effectuées sur du sperme fraîchement récolté, comprenant la totalité de la sécrétion (spermatozoïdes et produit des glandes annexes). La température de la pièce où l'on opérait n'a varié que de 20 à 22°.

(1) Séance du 2 décembre 1946.

Dans chacune de nos expériences, nous avons comparé deux échantillons dont la composition était la suivante :

A, sperme pur : 2 parties + spermaticide;
B, sperme pur : 1 partie + diluant 1 partie + spermaticide.

Les quantités de spermaticides étaient rigoureusement les mêmes dans les deux cas.

Le diluant utilisé était un mélange à parties égales de jaune d'œuf de poule et d'une solution de citrate de sodium à 4 %.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus :

	Composition des échantillons			Temps de survie. Échantillons	
	A	B			
Spermaticides.	sperme pur (cm³).	sperme pur (cm³).	Diluant (cm³).	A.	B.
Eau distillée, $0^{cm^3},5$	3	1,5	1,5	mort après 4 h 30	mort après 27 h.
Solution aqueuse ClH à pH 2.4, $0^{cm^3},5$	5	2,5	2,5	mort en moins de 5 m.	mort après 7 h.
Eau distillée, 1^{cm^3}	3	1,5	1,5	mort après 1 h 15	mort après 7 h.
Violet de gentiane R.A.L, $0^{g},01$	5	2,5	2,5	mort après 5 m.	mort après 7 h.
Stovarsol sodique, $0^{g},10$.	3	1,5	1.5	mort immédiate	mort après 7 h.
Permanganate de potassium $0^{g},01$	3	1,5	1,5	mort après 1 h.	mort après 2 h 30
Orpiment (Trisulfure d'arsenic), $0^{g},03$	3	1,5	1,5	mort après 1 h.	mort après 2 h 30
Bichlorure de mercure $0^{g},003$	3	2,5	2,5	mort immédiate	mort immédiate

Dans les mêmes conditions, les échantillons de sperme pur se conservent de 6 à 10 heures. Ceux comprenant parties égales de sperme et de diluant voient leur durée de conservation atteindre 30 à 32 heures.

Observations. — 1° Les spermatozoïdes dont la tête est entourée d'une gouttelette de jaune d'œuf vivent beaucoup plus longtemps que les autres. Ou le jaune d'œuf forme un écran protecteur, ou il augmente la résistance propre du sperme. On peut aussi penser que le flagelle est moins sensible que la tête à l'action des spermaticides.

2° Dans le cas de l'action du violet de gentiane, les spermatozoïdes se colorent peu à peu en violet, tout en restant vivants. Il semble donc que le jaune d'œuf n'agit pas seulement en diminuant l'action toxique du produit, mais il paraît augmenter la résistance propre ou la vitalité des spermatozoïdes. Il a l'avantage de permettre la coloration à l'état vivant de cette fragile cellule.

3° Les échantillons de sperme additionnés de diluant, abandonnés plusieurs jours dans des tubes à l'air libre, sont rapidement envahis par une multitude

de microorganismes qui pullulent très vite et ne tardent pas à amener la putréfaction. Cependant, les tubes contenant du stovarsol et surtout de l'orpiment se conservent plus longtemps et sont moins attaqués par les microbes. Ceci permet donc de conclure que le jaune d'œuf n'empêche pas l'action désinfectante de ces produits, au moins vis-à-vis de certains germes.

Conclusions. — Nos essais montrent une nette action protectrice du jaune d'œuf contre les solutions acides *in vitro*. On peut supposer qu'il agit de la même manière contre la nocivité de certaines sécrétions vaginales acides qui s'opposent couramment à la fécondation normale.

Les désinfectants des voies génitales tuent rapidement les spermatozoïdes; par contre, lorsque ceux-ci sont en contact avec le jaune d'œuf, leur fragilité est diminuée et leur temps de survie augmenté.

Ivanov a montré, dès 1923 ([2]), que les spermatozoïdes résistaient à l'action du salvarsan et du néosalvarsan, et qu'il était possible de débarrasser le sperme du cheval de *Trypanosoma equiperdum*, agent de la dourine, sans nuire au pouvoir fécondant du sperme ainsi traité. Au cours de nos essais, nous avons constaté que le jaune d'œuf augmente la résistance du sperme à d'autres produits également trypanomicides (orpiment, stovarsol).

Il se confirme donc que le jaune d'œuf se montre un précieux conservateur et protecteur de la vitalité des spermatozoïdes. Il en résulte des conséquences pratiques que nous développerons ultérieurement.

GÉNÉTIQUE. — *Dispersion des écarts dans la proportion des phénotypes chez les descendants des hybrides de Drosophiles.* Note de M. **Sabbas Ghélélovitch**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les écarts entre la proportion des phénotypes dans la descendance d'un seul couple de mouches (F_2 ou Back-cross du croisement *Drosophila melanogaster* type sauvage, souche *Ore Rc* X *souche ebony*), calculés pour un nombre suffisamment grand de couples et la proportion des phénotypes trouvée pour la somme des descendants de tous ces couples, suivent la loi de Gauss ([1]).

Cependant, la dispersion de ces écarts, mesurée par la valeur de l'écart quadratique, reste toujours inférieure à la valeur théorique. Ainsi, pour 463 couples d'hétérozygotes, dont la descendance était composée de 36646 individus, l'écart quadratique trouvé est de $Q = 0{,}9242\,\sigma$.

Pour 251 croisements entre un hétérozygote et un homozygote récessif, totalisant 12300 individus, cette même valeur est : $Q = 0{,}9230\,\sigma$. Si l'on calcule les écarts, non pas à partir de la proportion moyenne des phénotypes, mais à partir de leurs proportions théoriques : 1 : 3 pour les croisements entre

([2]) *Bulletin de l'Institut Pasteur, Microbiologie*, **21**, 1923, p. 927.

([1]) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 338.

deux hétérozygotes et 1 : 1 pour les croisements de retour, on obtient encore pour l'écart quadratique des valeurs qui sont inférieures à l'écart type : $Q = 0,9428\,\sigma$, pour les descendants des deux hétérozygotes, et $Q = 0,9282\,\sigma$, pour les descendants des couples composés d'un parent hétérozygote et d'un parent homozygote.

Pour expliquer ce résultat, on pourrait supposer que les larves appartenant aux différents génotypes présentent aussi, très vraisemblablement, certaines différences physiologiques. Si une compétition s'établissait entre les larves, dans l'élevage, compétition tendant à ramener la population vers un certain état d'équilibre, elle pourrait amortir les écarts dans la proportion des phénotypes.

L'Héritier et Teissier ([2]) ont en effet montré que, dans des conditions de concurrence sévère, une culture mixte de Drosophiles, composée d'individus sauvages et de souche *ebony*, semblait tendre progressivement, au cours des générations successives, vers un état d'équilibre et que cet équilibre serait atteint lorsque la proportion des gènes *ebony* atteindrait 10 à 15 %.

La diminution de la dispersion des écarts devrait être alors, dans une certaine mesure, liée à la sévérité de la concurrence larvaire, c'est-à-dire, toutes les autres conditions étant égales, à la densité de la population.

Or, si l'on compare l'importance des écarts observés dans les cultures n'ayant donné qu'un petit nombre d'individus, à celle des écarts observés dans les cultures ayant donné un grand nombre d'individus, on n'observe aucune différence sensible.

Ce résultat était d'ailleurs à prévoir, car la quantité de nourriture offerte aux larves était telle qu'elle excluait, *a priori*, toute concurrence entre elles dans les cultures les plus peuplées ([3]). De plus, si la proportion entre les différents génotypes composant la population tendait vers un équilibre, on devrait observer, au moins dans l'un des deux types de croisements (F_2 ou back-cross), un déplacement systématique de la moyenne. Ce déplacement n'a jamais été observé.

On pourrait encore essayer d'expliquer la faible dispersion des écarts observée, par la possibilité d'existence chez une femelle hétérozygote d'un mécanisme physiologique quelconque tendant à équilibrer la proportion entre les deux sortes d'ovules produits par une telle femelle. Les croisements entre une femelle homozygote et un mâle hétérozygote devraient alors donner une dispersion normale des écarts. Dans ce type de croisement la distribution des descendants entre les deux génotypes est déterminée uniquement par les spermatozoïdes fécondants. Suivant que le spermatozoïde est porteur de l'un ou l'autre des deux gènes allémorphes, le descendant sera homo- ou hétérozygote et aura un phénotype dominant ou récessif.

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, p. 882.

([3]) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 253.

Les spermatozoïdes fécondants étant pris au hasard parmi un nombre pratiquement infini de spermatozoïdes élaborés par un mâle et qui, chez un mâle hétérozygote, se distribuent théoriquement à nombre égal entre deux classes génétiques, la distribution entre les deux phénotypes chez les descendants d'un mâle hétérozygote et d'une femelle homozygote suivra la même loi de probabilité que celle suivie par la distribution entre les deux types des spermatozoïdes fécondants et devra, par conséquent, avoir pour écart quadratique la valeur de $Q = \sigma$.

Le calcul fait pour 141 croisements (7449 individus) entre une femelle hétérozygote et un mâle homozygote a donné pour l'écart quadratique la valeur $Q = 0{,}9372\ \sigma$, et pour 110 croisements inverses (4851 individus), on a obtenu $Q = 0{,}9166\ \sigma$.

Ici encore, les résultats expérimentaux n'ont pas confirmé l'hypothèse. Tout se passe comme si, au cours de la ségrégation des hybrides, il y avait une corrélation entre le nombre d'individus appartenant aux différents phénotypes.

Cette corrélation ne peut pas être expliquée par le schéma mendélien simple. Le coefficient de corrélation, calculé d'après la formule $Q = \sqrt{1 - r^2}$, a la valeur approximative de 0,3-0,4.

BACTÉRIOLOGIE. — *Étude d'une bactérie anaérobie chromogène nouvelle :* Clostridium saturni-rubrum. Note de M. **André-Romain Prévot**, présentée par M. Joseph Magrou.

Au cours d'une prospection bactériologique des sols de l'A.O.F., nous avons effectué un prélèvement dans une dépression marécageuse de la forêt primaire, située dans le domaine de l'Institut Intercolonial d'Adiopodoumé (Côte d'Ivoire). Dans ce ravin, le métabolisme bactérien de la matière organique est tellement intense, que l'air est presque irrespirable du fait des produits volatils de fermentation. Nous y avons isolé de nombreuses souches aérobies du genre *Bacillus*, des souches de *Clostridium sporogenes* très protéolytiques, une souche de *Clostridium hemolyticum* et une nouvelle espèce anaérobie chromogène, dont voici la description : *Morphologie* : Bâtonnet droit à extrémités arrondies, de 4 à 5^{μ} de long sur $0^{\mu},8$ de large, isolé ou en paires, ou en chaînettes, parfois en filaments non segmentés; Gram-positif, faiblement mobile dans les cultures jeunes en eau peptonée dépourvue de glucides; sporulé (spores très rares, ne se voyant guère que dans les milieux neutralisés à la potasse) (1). Ces spores sont clostridiennes, subterminales et dans les milieux âgés deviennent libres, ovales, de grandes dimensions ou très allongées. A partir du 2e jour les bâtonnets, colorés par le bleu de toluidine phéniqué

(1) J. Reynier, A.-R. Prévot et S. Lartigaud, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 38.

avec différenciation à l'alcool oxalaté, montrent une structure interne nettement granulaire, souvent alvéolaire et des figures chromaffines très régulières, polaires ou médianes, parfois en forme de disques légèrement biconcaves, souvent en forme de filaments spiralés très réguliers parcourant le bâtonnet d'une extrémité à l'autre.

Physiologie. — Anaérobie strict, très réducteur (réduit définitivement le rouge neutre et la safranine en 24 heures); il croît à température ordinaire et à 37° avec température optimum de 26°; pH 7,4; rH initial 8 à 9; thermorésistance peu marquée, en rapport avec la rareté des spores (1 heure à 60° et 5 minutes à 70°). Sa longévité dépasse 3 mois.

Caractères culturaux. — En gélose profonde VF glucosée à 26°, en 24 heures : colonies irrégulières à contour ouaté qui jaunissent rapidement, puis rougissent de façon intense, atteignant leur maximum de coloration le troisième jour. D'après le Code universel des couleurs, leur teinte peut être identifiée au rouge saturne. Il se dégage des gaz très abondants et la gélose est brisée; les corps microbiens s'infiltrent dans les cassures qu'ils teintent en rouge orangé. A 37° le pigment n'apparaît pas, et les souches cultivées à 37° perdent définitivement leur pouvoir chromogène. En eau peptonée, culture très pauvre avec faible dégagement gazeux. En bouillon VF glucosé, trouble rapide, très abondant avec gaz explosifs. Le pigment rouge saturne se dépose au fond. Gélatine non liquéfiée. Lait non coagulé. Protéines coagulées non attaquées. Glucose, lévulose, maltose, galactose, lactose, saccharose, arabinose, mannite et amidon fermentés énergiquement avec production de gaz. Nitrates non réduits en nitrites.

Caractères biochimiques ([1]). — Le bouillon VF glucosé à 1 % est le siège d'une fermentation gazeuze énergique à 26°, qui ne produit ni indol, ni scatol, ni SH_2; l'ammoniaque y atteint 44^{mg} p. 100 cm^3; l'acidité volatile totale 167^{mg} p. 100 cm^3. C'est un mélange d'acides caproïque, valérianique et propionique d'après les courbes de Duclaux et les microcristallisations suivant Behrens et Kley (caproate de cuivre, valérianate de zinc, propionate de baryum). Il y a production d'acide lactique, d'amines volatiles, d'alcools, d'aldéhydes. L'analyse des gaz a révélé un fait inattendu : 750^{cm^3} de bouillon glucosé ont produit 3 éprouvettes de 100^{cm^3} de gaz dont la composition est $CO_2/H_2 = 1$. Mais alors que dans la première éprouvette la totalité de l'azote de l'atmosphère du ballon a été recueillie, le volume correspondant de l'oxygène avait totalement disparu : il y a donc eu absorption de l'oxygène du ballon soit par le microbe, ce qui serait paradoxal puisqu'il s'agit d'un anaérobie, soit plutôt par son pigment.

Chromogénèse. — Tous les sucres favorisent la chromogénèse, sauf le saccharose. Le lévulose et surtout l'amidon la favorisent plus que les autres. En gélose

---

([1]) Étudiés avec la collaboration de J. Laplanche.

préparée avec de la décoction de *Lemna minor*, les colonies sont particulièrement colorées. La décoction de carotte ajoutée aux géloses glucosées favorise aussi la chromogénèse. Quand on examine au microscope le sédiment rouge saturne d'un tube de bouillon ou une colonie bien colorée écrasée entre lame et lamelle, on voit le pigment extra-bactérien en grosses masses amorphes d'aspect souvent granuleux, parfois en lamelles ellipsoïdales. Pour obtenir des quantités importantes de ce pigment, le mieux est de cultiver le microbe en bouillon VF glucosé 1 % et de centrifuger le 6e jour. Le culot de centrifugation est de couleur rouille intense. Il suffit de mouiller le culot par l'alcool absolu pour le rendre émulsionnable par le chloroforme qui extrait rapidement le pigment. Ce pigment est également soluble dans le benzène, très peu dans le méthanol, pas du tout dans l'eau.

Pouvoir pathogène. — Les Cobayes injectés par voie musculaire avec des cultures de 24 heures meurent en 4 à 5 jours sans présenter de lésion apparente. La reprise du germe demeure négative. Il ne produit ni toxine, ni hémolysine.

Taxonomie. — Mobile, sporulé (spores clostridiennes), Gram-positif, ce germe appartient au genre *Clostridium*. Il se distingue des autres espèces chromogènes par son pigment rouge saturne et par ses caractères culturaux et biochimiques. Il s'agit donc d'une espèce nouvelle pour laquelle nous proposons le nom de *Clostridium-saturni-rubrum*.

MICROBIOLOGIE. — *Inhibition de la diapédèse au cours de chocs traumatiques et toxiques.* Note ([1]) de M. **Albert Delaunay**, Mme **Jacqueline Lebrun** et M. **Hubert Cotereau**, présentée par M. Gaston Ramon.

Les endotoxines bactériennes, injectées à doses toxiques dans l'organisme d'animaux sensibles, y déterminent une inhibition de la diapédèse ([2]). Ce phénomène se produit également chez les Cobayes en état de choc anaphylactoïde ([3]). Il existe encore, d'après les observations rapportées dans cette Note, chez des animaux soumis à des chocs traumatiques et toxiques.

La plupart de nos expériences ont été faites sur des Cobayes de 300 à 500g, en excellent état. Chez ces animaux, un traumatisme, même violent, — par exemple, écrasement bilatéral des adducteurs de la cuisse — s'est montré, en général, incapable de déterminer à lui seul un état de choc cliniquement apparent. De même, l'injection intraveineuse, chez des Cobayes normaux du

---

([1]) Séance du 2 décembre 1946.

([2]) *Ann. Institut Pasteur*, 71, 1945, p. 431.

([3]) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 699.

même lot, d'un extrait de muscle traumatisé ([1]), n'a produit, elle aussi, qu'irrégulièrement un état de choc. Au contraire, cette injection s'est avérée le plus souvent efficace lorsqu'elle a été faite chez des animaux qui avaient subi, trois heures plus tôt, un écrasement unilatéral des muscles de la cuisse. Quelques minutes après cette injection, la plupart des Cobayes ont pris un aspect caractéristique qui nous rappelait tout à fait celui des animaux intoxiqués par une endotoxine bactérienne. Ils se ramassaient sur eux-mêmes et devenaient indifférents à toutes les excitations extérieures. On notait également de la dyspnée, de la tachycardie et diverses modifications du courant circulatoire sur lesquelles nous reviendrons plus tard. Cet état de choc évident se prolongeait plusieurs heures et, le plus souvent, aboutissait à la mort.

Chez ces animaux choqués, nous avons injecté, par voie intrapéritonéale, 6^{cm^3} de bouillon stérile. Dans les conditions normales, cette injection ([2]) provoque en trois heures une nette réaction inflammatoire (présence de très nombreux polynucléaires dans un exsudat plasmatique). Chez nos animaux malades, dans le même laps de temps, elle n'a donné lieu qu'à l'infiltration, dans la cavité, de *quelques* cellules sanguines. Donc, cette fois encore, une inhibition de la diapédèse avait pris place. Cette inhibition persistait jusqu'à la mort des animaux. Chez les Cobayes qui ont survécu, elle a cessé plus ou moins rapidement.

En nous basant sur nos résultats expérimentaux, nous formulerons les conclusions suivantes :

1° L'inhibition de la diapédèse n'est pas un phénomène caractéristique de l'intoxication par les endotoxines, comme on pouvait le croire tout d'abord; on le retrouve en fait dans la plupart des états de choc (chocs anaphylactoïdes, chocs traumatiques et toxiques);

2° Cette inhibition de la diapédèse, au cours des chocs traumatiques, permet de comprendre l'aptitude particulière des sujets choqués à faire des infections et des infections graves : les microbes qui souillent les plaies, mis à l'abri des phagocytes sanguins, peuvent se multiplier sans frein;

3° Enfin, l'existence de cette inhibition de la diapédèse chez des animaux en état de choc traumatique autorise à se demander si l'action exercée par les

---

([1]) Le muscle était prélevé 3 heures après le traumatisme (écrasement). Il était broyé en présence d'une petite quantité d'eau physiologique et de sable de Fontainebleau. La préparation était ensuite centrifugée. Le liquide hémorragique surnageant était injecté dans la saphène à raison de 1 à 2^{cm^3}. Nous n'avons pas cherché jusqu'à présent à identifier la nature des substances toxiques renfermées dans ces extraits.

([2]) Une ponction du péritoine, faite cinq minutes après cette injection, nous permettait de connaître, par un simple examen entre lame et lamelle, le nombre et la nature des cellules présentes dans cette cavité au début de l'expérience. Le plus souvent, on ne trouve alors que quelques mononucléaires.

endotoxines *in vivo* ne se borne pas au déclenchement d'un simple état de choc. A cette question, A. Penner et A.-J. Bernheim ont déjà répondu affirmativement [6]. Nous souscrivons pleinement à leur avis et nous montrerons ultérieurement tout l'intérêt de cette interprétation.

A $16^h 40^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 50^m$.

A. Lx.

---

[6] *J. exp. med.*, 76, 1942, p. 271.

ERRATA.

(Séance du 18 novembre 1946).

Note de MM. *Paul Proisy* et *Junior Gauzit*, Inégalité de la température des régions polaires et équatoriales du Soleil, décelée par la mesure de la température de couleur apparente en différents points de sa surface :

Page 852, avant-dernière ligne de la page, *au lieu de* 2 août 1945, *lire* 2 août 1946.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE NOVEMBRE 1946.

Traité de neuro-endocrinologie, par GUSTAVE ROUSSY et MICHEL MOSINGER. Paris, Masson et Cie, 1946; 1 vol. 25^{cm}.

Diagnoses Algarum Novarum post sylloges editionem descriptarum. I. *Myxophyceae. Bibliographia et Index* (1-5), par JOSEPH DE TONI. Brixiae, Typis Morcellianis sumptibus auctoris, IX-1938-XVI; 1 fasc. 18^{cm},5.

Id. — I. *Myxophyceae.* Centuria I à VI. Brixiae, Typis Morcellianis sumptibus auctoris, 1937 à 1939; 6 fasc. 18^{cm},5.

Cinquantenaire de la mort de Louis Pasteur, 18-25 *novembre* 1946. Paris, Secrétariat général du Comité du Cinquantenaire : Union nationale des Intellectuels; 1 fasc. 21^{cm}.

Éphémérides nautiques ou Extrait de la Connaissance des Temps pour l'an 1947. Ouvrage publié par le BUREAU DES LONGITUDES, spécialement à l'usage des marins. Paris, Gauthier-Villars, 1946; 1 fasc. 24^{cm}.

Contribution à la connaissance de l'avitaminose chez l'Homme, par Joaquin Viños Espin. Paris, Librairie Maloine, 1946; 1 fasc. $24^{cm},5$.

Geological Terminology in Classification of oil and Gas Accumulations, par I. O. Brod. Extrait de *The Bulletin of the Association of Petroleum Geologist,* Vol. **29**, n° **12**, 1945; 1 fasc. 24^{cm}.

On the Principal structural elements and Possible future oil and gas Resources of the southern Border of the European part of the U. R. S. S., par J. O. Brod, in *Comptes rendus (Doklady) de l'Académie des sciences de l'U. R. S. S. Nouvelle série,* 1945. Vol. XLIX, n° **7**. Moscou, Édition de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S.; 1 fasc. $24^{cm},5$.

Miracles from Microbes the road to streptomycin, par Samuel Epstein et Beryl Williams. New Brunswick, Rutgers University Press, 1946; 1 vol. 21^{cm}.

Sveriges Geologiska undersökning. Ser. Aa., n : o **186**. Bladet *Möklinta* IV.ö.30; 1 pl. $79^{cm} \times 59^{cm}$, échelle 1/50 000ᵉ.

Id. — Ser. Aa., n : o **188**. Bladet *Avesta* III.ö.30; 1 pl. $79^{cm} \times 59^{cm}$, échelle 1/50 000ᵉ.

Que sais-je? Les corps gras, par Émile André. Paris, Presses universitaires de France, 1946; 1 vol. $17^{cm},5$.

Charles Moureu. Notions fondamentales de Chimie organique, par Henri Moureu et Paul Chovin. Paris, Gauthier-Villars, 1946; 1 vol. 23^{cm}.

El magnetismo de la materia, par Blas Cabrera. Buenos-Aires Institución cultural española, 1944; 1 vol. 25^{cm}.

Théorie des Probabilités, par Serge Bernstein. Moscou, 1946; 1 vol. $22^{cm},5$ (en langue russe).

Travaux scientifiques, par Evgeny Pavlowsky. Moscou, 1945; 1 fasc. 17^{cm} (en langue russe).

Héritage scientifique. Matematika, par Pafnoutiy Tchebichef. Première édition. Moscou, 1945; 1 vol. $26^{cm},5$ (en langue russe).

Contribution à l'étude de l'électrolyse en solution alcoolique, par Claude Charmetant. Thèse. Lyon, Imprimerie Emmanuel Vitte, 1946; 1 vol. 25^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE ANNUELLE DES PRIX DU LUNDI 16 DÉCEMBRE 1946

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

En ouvrant la séance M. **Élie Cartan** prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

Conformément à une pieuse tradition, il appartient à votre Président de rappeler le souvenir des Confrères qui nous ont été enlevés pendant l'année qui arrive à son terme. Nous avons à déplorer les décès de trois Membres titulaires, **Georges Perrier**, de la Section de Géographie et Navigation, **Louis Martin**, de la Section des Académiciens libres et **Léon Guillet**, de la Section des Applications de la Science à l'Industrie; puis de deux associés étrangers, **Thomas Hunt Morgan** et **Simon Flexner**, enfin d'un Correspondant pour la Section de Chimie **Albert Recoura**.

Antoine-François-Jacques-Justin-Georges Perrier, né à Montpellier le 28 octobre 1872, était le fils du général François Perrier qui fut aussi Membre de notre Compagnie dans la Section de Géographie et de Navigation, directeur du service Géographique de l'Armée et réorganisateur de ce service après la guerre de 1870, Membre du Bureau des Longitudes. Le jeune Georges avait 16 ans à la mort de son père; il se donna comme but de sa vie la continuation de la carrière paternelle; il en a poursuivi la réalisation avec une inlassable volonté et il y a brillament réussi.

Reçu à l'École Polytechnique en 1892, Georges Perrier aurait pu choisir largement parmi les carrières civiles; il choisit l'Artillerie, avec l'intention bien arrêtée d'entrer un jour, comme son père, au Service Géographique de l'Armée; dès 1898 il était détaché à ce Service dans la Section de Géodésie et d'Astronomie, où ses qualités scientifiques trouvèrent bientôt l'occasion de se manifester. Il montre surtout toute sa maîtrise dans sa participation à la Mission de l'Équateur organisée sous la direction scientifique de l'Académie des Sciences et plus particulièrement de Henri Poincaré, et dont le but était de reprendre avec une plus grande précision l'œuvre accomplie au XVIIIe siècle par Bouguer, La Condamine et Godin. Parti pour l'Équateur en 1901, le capitaine Perrier rentre en France en 1906, le dernier de tous les officiers ayant pris part à la mission. Si cette mission put être menée à bien jusqu'au bout malgré de

nombreuses difficultés de toutes sortes, ce fut en grande partie au dévouement inlassable du capitaine Perrier et aussi à son esprit de méthode scientifique qui lui a permis de notables perfectionnements techniques dans les nombreuses observations géodésiques que la mission eut à réaliser. Ce fut une grande réussite qui fait honneur à l'Académie des Sciences et à la France. Après son retour en France c'est le capitaine Perrier qui se chargea des calculs, de la rédaction et de la discussion des travaux de la Mission. C'était une œuvre de longue haleine, à laquelle il consacra plusieurs années de travail sans avoir eu le temps de la terminer.

De 1914 à 1918 le capitaine, bientôt chef d'escadron et lieutenant-colonel, Perrier consacra naturellement tout son temps à la guerre. Il prit une part active à l'organisation des groupes de canevas de tir fonctionnant dans les États-Majors d'Armée, et à la création des nombreux organismes variés qui en dépendent. Il prend plusieurs fois le commandement dans les opérations militaires et y recueille six citations.

Nommé en 1919 directeur de la Section de Géodésie du Service Géographique de l'Armée, le colonel Perrier réorganise complètement cette Section cruellement éprouvée par la guerre; il organise la réfection, qui devenait urgente, de la triangulation des régions libérées. Il reprend la tradition de travaux purement scientifiques, comme les observations d'intensité de la pesanteur, pour lesquelles il inaugure avec le général Ferrié une technique nouvelle.

Le colonel Perrier joua un rôle très important dans les Assemblées générales de l'Union géodésique et géophysique internationale. Il est chargé dès 1919 du secrétariat de la section de Géodésie de l'Union, où il s'est imposé comme un représentant éminent de la Science française. Correspondant en 1922 du Bureau des Longitudes, le général Perrier y est nommé en 1935 Membre titulaire. Il avait succédé en 1929 au général Bourgeois comme professeur de Géodésie et d'Astronomie à l'École Polytechnique; atteint par la limite d'âge, il prend sa retraite en 1942. Il avait été élu Membre de la Section de Géographie et Navigation le 22 février 1926.

Nous avons tous goûté à l'Académie les qualités de l'homme; affable sous son aspect un peu sévère, c'était une âme franche et loyale. La vie ne l'a pas épargné : il supporta avec le plus grand courage la mort d'un fils dont la carrière se révélait particulièrement brillante et dont il espérait qu'il lui succéderait dans sa carrière comme lui-même avait été un brillant successeur de son père. Le général Perrier prit jusqu'à la fin une part régulière à nos travaux; une courte maladie nous l'enlevait le samedi 16 février 1946; avec lui disparaissait un grand Savant et un grand Français.

Louis Martin, Membre de la Section des Académiciens libres, depuis le 3 mai 1937, né au Puy le 20 septembre 1864, a passé la plus grande partie de

sa vie à l'Institut Pasteur. Ses travaux les plus importants se rattachent au traitement de la diphtérie. Peu de temps après que Behring et Kitasato eurent fait connaître leur grande découverte des sérums antitoxiques, Louis Martin fut associé à l'expérimentation du nouveau traitement de la diphtérie dû au Docteur Roux. Il est, avec lui, l'un des signataires de la Communication faite en août 1894 au Congrès de Budapest, qui fit entrer définitivement dans la pratique la sérothérapie de la diphtérie préconisée par le Docteur Roux. Depuis cette époque Louis Martin ne cessa de travailler à l'étude des nombreux problèmes que pose le traitement de la diphtérie. Il indique des moyens simples de distinguer les bacilles pseudo-diphtériques des vrais bacilles diphtériques. Il montre comment dans les épidémies on peut dépister les personnes contaminées et éviter l'extension de la maladie. Il s'est particulièremt occupé des porteurs de germes.

L'activité scientifique de Louis Martin ne s'est pas bornée au traitement de la diphtérie; on lui doit des recherches intéressantes sur la *spirochétose ictéro-hémorragique* et sur la *maladie du sommeil*, contre laquelle il a préconisé un traitement par l'atoxil et l'émétique associés avec injections intraveineuses.

C'est Louis Martin qui fut chargé du service de la Sérothérapie organisé en 1894 à l'Institut Pasteur. Il eut à résoudre les multiples problèmes techniques posés par la préparation régulière de centaines de milliers de doses de sérums thérapeutiques. Pendant la guerre de 1914-1918, le service eut à fournir à l'Armée française et aux Armées alliées plus de 6 millions de doses du seul sérum antitétanique. On comprendra et l'on admirera l'activité que durent déployer Louis Martin et ses collaborateurs.

Louis Martin joua un rôle important dans la création et l'aménagement en 1900 de l'Hôpital Pasteur. Cet hôpital présente la particularité de recevoir dans un même pavillon des malades atteints de diverses affections contagieuses mais complètement isolés les uns des autres. C'est Louis Martin qui a étudié les plans de l'hôpital et en a surveillé la construction; il a montré pendant les nombreuses années de sa direction (1900-1941) des qualités remarquables de praticien et d'administrateur. L'hôpital Pasteur a servi de modèle à beaucoup d'hôpitaux construits par la suite.

Louis Martin faisait partie depuis 1919 de l'Académie de Médecine qu'il présida en 1940. Il avait été nommé en 1935 président du Conseil supérieur d'hygiène publique de la France. Chargé en 1934 de la direction de l'Institut Pasteur, il la conserva jusqu'en 1941. Le 13 juin 1946 il était emporté par la maladie; nous perdons avec lui un excellent Confrère et un grand serviteur de son pays.

Léon-Alexandre Guillet, Membre de la Section des Applications de la Science à l'Industrie depuis le 22 juin 1925, né à Saint-Nazaire le 11 juillet 1873, était le septième d'une famille de huit enfants. Élève de l'École Centrale des

Arts et Manufactures, l'un des premiers de sa promotion, il obtient en 1897 son diplôme d'ingénieur. Docteur ès sciences en 1902 avec une Thèse sur les alliages d'aluminium, il est nommé en 1906 suppléant de la chaire de Métallurgie du Conservatoire national des Arts et Métiers, puis titulaire de cette chaire en 1908. En 1911 il est nommé à l'École Centrale des Arts et Manufactures professeur de la chaire de Métallurgie des métaux autres que le fer, à laquelle s'adjoint en 1913 la chaire de Métallurgie générale. En 1923 il est nommé à la direction de l'École Centrale, qu'il dut quitter en 1944 sous la pression des autorités d'occupation.

Dans sa longue carrière Léon Guillet n'a jamais séparé la Science de ses applications. Il était persuadé que l'industrie moderne, et principalement l'industrie métallurgique, ne pouvait plus se contenter de l'empirisme qui avait régné trop longtemps dans les usines, mais devait être pourvue de laboratoires scientifiquement organisés. On lui doit le premier de ces laboratoires aux usines de Dion et Bouton, à Puteaux, puis les laboratoires de la Société des Hauts Fourneaux et Forges d'Allevard et un grand nombre d'autres. Les travaux scientifiques de Léon Guillet se rapportent presque tous à la théorie des alliages, alliages d'aluminium, aciers au nickel, au manganèse, au chrome, au tungstène, etc. Dans ces recherches Léon Guillet utilise la microstructure des alliages, et il perfectionne les méthodes de mesure que les métallurgistes ont à utiliser.

La carrière de professeur de Léon Guillet a été aussi brillante que sa carrière de savant. Il a exercé une influence considérable sur tous ses élèves; c'était un entraîneur d'hommes. Plusieurs de ses élèves sont devenus des maîtres; qu'il me suffise de citer ici le nom de notre Confrère Portevin.

Comme Directeur de l'École Centrale, Léon Guillet tint à réunir à un enseignement scientifique général une instruction technique sérieuse, et il donna un grand développement aux laboratoires de l'École, grâce à de généreuses subventions. Je ne puis passer sous silence la création de la Maison de l'École Centrale, qui met en évidence l'intérêt humain qu'il portait à ses élèves.

Dans notre Compagnie Léon Guillet prenait une part active à tous nos travaux; dans nos Comités secrets il intervenait souvent dans nos discussions et toujours avec clarté. Il nous laisse le souvenir d'un homme qui a bien rempli sa vie et qui a été heureux, malgré l'amertume qu'ont dû lui laisser les circonstances qui l'ont obligé en 1944 à quitter sa chère École. Nous n'oublierons pas l'excellent Confrère, le grand savant qui a fait honneur à la France.

Le 4 décembre 1945 mourait à Pasadena (Californie) **Thomas Hunt Morgan**, Associé étranger de notre Académie depuis le 20 juin 1938. Né le 25 septembre 1866 à Lexington (Kentucky), il avait été élu Correspondant dans la Section d'Anatomie et de Zoologie le 26 mars 1931. Le prix Nobel de Médecine lui avait été décerné en 1933.

La carrière universitaire et scientifique de Thomas Hunt Morgan se déroule d'abord au Collège féminin de Bryn-Mawr, près de Philadelphie, où ses qualités de professeur et d'animateur suscitent de nombreuses vocations scientifiques, puis à l'Université Columbia de New-York où il passa 25 années de fécond labeur. Enfin on lui confia la fondation et la direction d'un grand laboratoire de recherches biologiques à l'Institut de Technologie de Pasadena, où se groupèrent autour de lui une série de savants de valeur exceptionnelle.

Thomas Hunt Morgan est universellement connu par ses travaux sur l'hérédité. Au début de ce siècle les lois de Mendel, énoncées en 1866 et oubliées pendant longtemps, commencèrent à susciter les recherches des biologistes, auxquelles Morgan prit part. Mais dès 1910 il eut l'idée de concentrer ses travaux et ceux de ses collaborateurs sur la mouche du vinaigre (*Drosophila melanogaster*); il sut utiliser merveilleusement sa facilité d'élevage et de reproduction, ainsi que la rapidité de succession des générations. On put étudier sous le microscope, au laboratoire de Pasadena, plus de dix millions de mouches, suivre méthodiquement environ 500 générations successives et observer plus de 400 variations héréditaires, ou *mutations*. C'est sur cette masse considérable de travaux qu'est édifiée la *théorie chromosomique de l'hérédité*. On doit à Morgan, sur ces questions, plusieurs livres d'un caractère synthétique, ainsi que plusieurs autres livres d'une porté plus générale sur la théorie de l'évolution.

Avec lui disparaît un très grand biologiste; l'Académie s'associe aux regrets très vifs que sa perte a suscités dans le monde savant de tous les pays.

Le 2 mai 1946 est mort à New-York **Simon Flexner**, Associé étranger de notre Académie depuis le 22 février 1937. Simon Flexner, né à Louisville (Kentucky) le 25 mars 1863, est un des plus grands noms de la médecine scientifique. Ses découvertes fondamentales en pathologie infectieuse, l'impulsion considérable qu'il a donnée aux recherches qui s'y rapportent, lui ont valu une autorité exceptionnelle, non seulement aux États-Unis, mais dans le monde entier.

Après ses études secondaires dans sa ville natale terminées à l'Université Johns Hopkins à Baltimore, puis à l'Université de Philadephie, Simon Flexner est nommé en 1903 directeur du « Rockefeller Institute for medical Research » à New-York. Jusqu'à sa mort il a dirigé cet Institut. Il était membre aux États-Unis et en Europe d'un grand nombre d'Académies et de Sociétés savantes. Le 27 avril 1931 notre Académie l'avait élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie.

L'œuvre scientifique de Simon Flexner est considérable; je me contenterai de quelques indications sur les résultats les plus saillants que lui doit la science médicale. C'est Simon Flexner qui put réaliser une sérothérapie antiméningococcique de la *méningite cérébrospinale* dont la mortalité avant lui pouvait atteindre 95 % dans certaines épidémies; il put préparer également un sérum

polyvalent d'une efficacité remarquable. C'est aussi à lui et à quelques-uns de ses collaborateurs qu'on doit la démonstration de la nature microbienne et inoculable de la *poliomyélite infectieuse* de l'homme, dont les conditions de propagation étaient restées longtemps mystérieuses; il démontra la présence du virus dans le système nerveux et aussi dans le mucus nasal, ce qui explique la propagation de l'infection par des porteurs de germes apparemment sains.

Pendant la guerre de 1914-1918, Simon Flexner a témoigné à la France un entier dévouement et il est intervenu très activement en faveur de notre pays; le Gouvernement français l'avait nommé Chevalier de la Légion d'honneur en 1914, Officier en 1919 et Commandeur en 1923. C'est, en même temps qu'un grand savant et un bienfaiteur de l'humanité, un ami de la France que perd notre Académie.

Le 21 décembre 1945 c'est à la Tronche, près de Grenoble, que s'est éteint **Albert Recoura**, professeur honoraire à la Faculté des Sciences de Grenoble et doyen honoraire de la Faculté des Sciences de Dijon, élu Correspondant pour la Section de Chimie le 3 juillet 1922.

Né à Grenoble le 30 janvier 1862, élève de l'École Normale supérieure de 1881 à 1884, reçu premier à l'agrégation des sciences physiques, Albert Recoura fut immédiatement nommé au Collège de France sous-directeur du laboratoire de Chimie organique, dans le service de Berthelot. C'est là qu'il commença sa carrière par une remarquable Thèse de doctorat soutenue en 1886, intitulée « Recherches sur le chlorure de chrome ». Ce travail, où se manifeste une grande habileté expérimentale, est surtout remarquable par les vues nouvelles de l'auteur sur l'isomérie saline en chimie minérale; il montre l'existence de substances inattendues qui ne sont plus des sels au sens ordinaire du mot; elles appartiennent à l'innombrable série des complexes, si étudiée depuis en France et à l'étranger. Recoura a été l'un des pionniers de ce difficile chapitre de la Chimie.

Tout en exécutant ces travaux qui n'étaient que le prolongement de sa thèse, sa carrière administrative et universitaire se poursuivait rapidement. Chargé de cours à Caen en 1886, à Lyon en 1890, professeur à la Faculté des Sciences de Dijon en 1894, puis doyen de cette Faculté pendant sept ans, il retourna finir sa vie universitaire à Grenoble, où il succédait en 1901 à son beau-père le doyen Raoult, l'illustre fondateur de la cryoscopie. Il continnua à Grenoble ses remarquables recherches. C'est lui qui, avec Raoult, a énoncé la loi fondamentale de la Chimie physique sur laquelle est édifiée la tonométrie.

On ne peut qu'admirer l'œuvre de ce savant modeste, au caractère ferme et loyal, réservé malgré une bienveillance inlassable, qui chaque jour venait à son laboratoire accomplir tout seul les rites méticuleux du chimiste habile. Il a vécu comme un sage, en produisant lentement une série de Mémoires élégants, originaux et précis, tout en préparant des leçons qui, au dire de ses auditeurs, étaient

celles d'un remarquable professeur. La vie l'a durement touché; il a vu disparaître ses deux fils, l'un mort pour la France en 1914, l'autre fauché en pleine jeunesse par un accident brutal. Appuyé sur l'affection et le dévouement de Mme Recoura, il supporta ces épreuves avec la résignation que lui donnait une foi sincère. L'Académie lui avait attribué en 1909 le prix La Caze. Son nom restera en chimie minérale comme un des plus célèbres dans la théorie si importante des complexes.

Cette année a vu appliquer pour la première fois le décret doublant le nombre des Membres non résidants de notre Académie, dû à l'initiative de notre président de l'année dernière M. Maurice Caullery. L'expérience a prouvé qu'il nous était facile de choisir, comme Membres non résidants, six nouveaux savants habitant la province ou la France d'outre-mer, auteurs les uns et les autres de travaux remarquables faisant honneur à la Science française. En votre nom je souhaite la bienvenue :

à M. **Jules Haag**, professeur de Mécanique à la Faculté des Sciences et directeur de l'Institut de Chronométrie de Besançon;

à M. **René Maire**, professeur de Botanique à la Faculté des Sciences d'Alger;

à M. **Maurice Gignoux**, professeur de Géologie à la Faculté des Sciences de Grenoble;

à M. **Pierre Lejay**, physicien, directeur de l'Observatoire de Zi-Ka-Wei (Chine);

à M. **Henri Devaux**, botaniste et physicien, professeur honoraire à la Faculté des Sciences de Bordeaux;

à M. **Eugène Bataillon**, zoologiste, professeur honoraire à l'Université de Strasbourg.

Il m'est difficile de passer sous silence, dans cette séance solennelle, les cérémonies qui se sont déroulées ces derniers mois à Paris dans le but de commémorer quelques grandes découvertes, dont les auteurs ont tous été Membres de notre Académie. Je ne dirai qu'un mot de l'apposition d'une plaque sur les murs de l'Observatoire de Paris pour rappeler la détermination de la vitesse de la lumière par le danois Roemer, né il y a trois cents ans; il avait été nommé en 1685 académicien astronome, puis le 21 février 1699 Associé étranger de l'Académie royale des Sciences de Paris. Beaucoup plus importantes furent les cérémonies destinées à commémorer le centième anniversaire de la découverte de Neptune, le cinquantième anniversaire de la découverte de la radioactivité, enfin le cinquantième anniversaire de la mort de Pasteur.

Le Verrier, dont les calculs permirent de situer approximativement sur la sphère céleste la planète dont l'existence était susceptible d'expliquer les pertur-

bations anormales d'Uranus, avait été élu Membre de notre Section d'Astronomie le 19 janvier 1846; il avait été pendant de nombreuses années directeur de l'Observatoire et Membre du Bureau des Longitudes. On sait maintenant qu'indépendamment de Le Verrier, un jeune astronome de l'Observatoire de Cambridge (Angleterre) du nom d'Adams, qui fut élu le 20 avril 1857 Correspondant de notre Académie pour la Section d'Astronomie, était arrivé, par des calculs analogues à ceux de Le Verrier, aux mêmes résultats, mais ses recherches ne furent publiées que plus tard.

La découverte de la radioactivité est due à Henri Becquerel, professeur de Physique au Muséum d'histoire naturelle et à l'École Polytechnique. Il avait été élu Membre de la Section de Physique générale de notre Académie le 27 mai 1889, président de l'Académie en 1908, puis élu Secrétaire perpétuel le 29 juin et décédé le 24 août de la même année. La découverte de Henri Becquerel décelait des phénomènes de nature inconnue et dont il montra que l'origine est à chercher dans l'atome d'uranium. Elle fut le point de départ de la découverte de nouvelles substances radioactives due à notre confrère Pierre Curie et à Marie Curie, et plus tard de celle de la radioactivité artificielle par notre Confrère Frédéric Joliot et Mme Irène Joliot-Curie. Tous ces travaux aboutirent enfin, grâce à la collaboration de savants des diverses nations civilisées, aux recherches récentes sur la désintégration de l'énergie nucléaire et la réalisation de la bombe atomique, en attendant que la Science arrive à utiliser l'énergie nucléaire pour le bien de l'humanité plutôt que pour sa destruction. Dans ce court intervalle de cinquante ans, la découverte de Henri Becquerel semble ainsi avoir ouvert à l'humanité une nouvelle période pleine d'un immense espoir, si l'homme sait rester sage.

Les cérémonies qui ont été organisées pour commémorer le cinquantenaire de la mort de Pasteur n'ont pu être célébrées que le mois dernier, bien que le décès de Pasteur remontât au 28 septembre 1895. Né le 27 décembre 1822, Pasteur avait été élu Membre de la Section de Minéralogie le 8 décembre 1862, Secrétaire perpétuel pour la Division des Sciences physiques du 18 juillet 1887 au 4 février 1889, date à laquelle il reprit sa place dans la Section de Minéralogie. Je ne peux insister sur les plus importants travaux de Pasteur, dans lesquels la Minéralogie tient une place relativement minime. Tout le monde sait les immenses répercussions qu'ils ont eues sur le développement de la médecine et la révolution qu'ils ont produite dans cette science. Nous ne pouvons que nous incliner respectueusement devant la mémoire de ce grand bienfaiteur de l'humanité. L'Académie de Médecine et l'Académie d'Agriculture l'avaient accueilli dans leur sein. L'Académie française avait également tenu à l'honneur de se l'attacher; c'est dans son discours de réception qu'il avait prononcé la phrase souvent répétée : « La Science n'a pas de patrie, mais le

savant en a une ». Pendant les dures années de l'occupation, nous n'avons eu que trop d'occasions de méditer cette maxime.

Je voudrais m'arrêter un peu sur d'autres cérémonies qui se sont déroulées en mai dernier à Beaune (Côte-d'Or); elles étaient consacrées à la célébration du deuxième centenaire de la naissance d'un Membre célèbre de notre Académie, je veux parler du grand mathématicien GASPARD MONGE.

Né le 10 mai 1746 à Beaune, Gaspard Monge était l'aîné d'une famille de trois enfants : Gaspard, Louis et François, qui devinrent tous trois mathématiciens. A l'âge de 26 ans, Monge avait été nommé, le 8 avril 1772, correspondant de l'Abbé Bossut à l'Académie royale des Sciences, puis aspirant géomètre le 14 janvier 1780 en remplacement de Vandermonde promu associé, enfin associé de la classe de physique générale le 23 avril 1785. Après la suppression de l'Académie royale en 1793 et la création par la Convention le 25 octobre 1795 de l'Institut national, Monge est nommé membre résidant de la Section des Arts mécaniques de la première classe de l'Institut. A la seconde Restauration, Monge était rayé de la liste des membres de l'Institut par l'Ordonnance royale du 21 mars 1816. Il mourut à Paris le 28 juillet 1818.

Après de brillantes études au Collège des Oratoriens de Beaune, Monge perfectionne son instruction chez les Oratoriens de Lyon, qui lui confient bientôt l'enseignement de la Physique (il avait 16 ans). En 1764, rappelé par son père, Monge rentre à Beaune. Il dresse un plan de la ville, très remarqué par le colonel du Vignau, commandant en second de l'École royale du Génie de Mézières, qui offrit de faire obtenir à Monge un poste à cette École. Mais, comme le père de Monge n'était qu'un marchand et par suite, suivant les idées de l'époque, ne « vivait pas noblement », le jeune Monge ne pouvait pas entrer à l'École comme élève-officier, mais simplement comme dessinateur. Sa science, particulièrement en géométrie, dont il avait une pleine conscience, s'impose bientôt et grâce à l'appui du colonel du Vignau et du professeur de Mathématique l'Abbé Bossut, il quitte la « gâche », c'est-à-dire l'annexe où se faisaient les travaux pratiques, pour entrer dans le cadre des professeurs de l'École. En 1771, il est professeur de mathématiques pratiques et de physique, comblé d'éloges par le gouverneur de l'École. L'élection de Monge à l'Académie des Sciences, l'obligeant à passer une partie de l'année à Paris, suscite une série de difficultés pour son enseignement à Mézières; d'autre part sa nomination en 1783 aux fonctions d'examinateur des élèves de la Marine en remplacement de Bezout ne fait qu'aggraver ces difficultés. Le 6 décembre 1784, Monge se décide à donner sa démission de professeur à l'École, et l'on s'explique un peu la réflexion qu'Arago met dans la bouche du commandant de l'École : « Il nous faut maintenant remplacer Monge par un homme qui ne soit personne ! »

Les vingt années que Monge passa à l'École de Mézières furent marquées par de nombreux travaux. C'est là qu'il commença l'enseignement de sa géométrie

descriptive. Elle a eu comme origine la nécessité sentie par Monge de substituer aux recettes empiriques utilisées jusqu'alors dans les problèmes de la charpente, de la coupe des pierres, de la fortification, des méthodes régulières et simples. C'est à une origine analogue qu'on doit attribuer la découverte d'une nouvelle propriété caractéristique des lignes de courbure, qui avait échappé à Euler, et qui permet une construction rationnelle des voussoirs qui entrent dans la construction des voûtes, et qui remplace avantageusement les tâtonnements auxquels on était réduit auparavant. Monge se révélait ainsi comme un des fondateurs de la Géométrie infinitésimale des surfaces. C'est aussi dans les besoins de la pratique qu'on peut faire remonter les recherches de Monge sur la génération des surfaces. Jusqu'alors les géomètres n'avaient étudié que les surfaces du premier et du second degré (plans et quadriques), l'étude des surfaces du troisième degré conduisant déjà à de grandes complications. Monge remarque que dans les applications les surfaces à utiliser ne sont en général d'aucun degré déterminé; c'est surtout leur mode de génération qui joue le rôle fondamental (surfaces cylindriques, surfaces coniques, surfaces de révolution, etc.). Dans chacune de ces classes les surfaces peuvent être définies par des équations aux dérivées partielles. Les besoins des applications pratiques ont ainsi conduit Monge à un problème de Mathématiques qui avait été jusqu'à lui très peu abordé. Il publie en 1786, dans les Mémoires de l'Académie de Turin, un travail qui fait faire à Lagrange la réflexion suivante : « Avec ses applications de l'Analyse à la Géométrie, ce diable d'homme sera immortel », parole qui est à la fois à l'honneur de Monge et de Lagrange. En fait, Monge est l'initiateur avant Ampère de ce qu'on appelle maintenant la théorie des équations aux dérivées partielles de Monge-Ampère.

Mais Monge délaisse bientôt les Mathématiques pour des recherches physico-chimiques. Son mariage, assez romanesque, en 1877 avec la veuve d'un maître de forges de Rocroy, l'amène assez naturellement à faire pendant quelque temps le maître de forges. En 1783 il fait une tournée d'usines et de fabriques de canons dans le pays de Liége. Il se livre à de nombreuses expériences d'optique et d'électricité. Il s'occupe de météorologie, du gonflement des ballons. Le 6 août 1783 il lit à l'Académie une Note sur la synthèse de l'eau par la combinaison explosive de l'hydrogène et de l'oxygène; il reconnaîtra bientôt à ce sujet la priorité de Cavendish. Ses tournées d'examens pour la Marine lui donnent l'occasion de visiter quelques usines, dont celle du Creusot. Il publie en commun avec Vandermonde et Berthollet un Mémoire relatif aux effets de l'affinage et de la cémentation sur les propriétés du fer; en 1787, il fait partie avec Vandermonde, Lavoisier, Fourcroy et Berthollet d'une commission chargée d'une vaste enquête sur la métallurgie.

En 1789, Monge adopte avec enthousiasme les principes de l'ère nouvelle sans que sa vie subisse de profonds changements. Il continue ses tournées d'examens pour la Marine. A l'Académie des Sciences il fait partie de la

Commission des Poids et Mesures, chargé avec son élève Meusnier de mesurer sur le terrain les bases de la triangulation de Dunkerque à Barcelone en vue de la définition de la nouvelle unité de mesure, le mètre.

Après le 10 août 1792, Monge est nommé Ministre de la Marine, fonction qu'il garde jusqu'au 8 avril 1793. Il fait tout ce qu'il peut pour arrêter la décadence de la marine française commencée sous Louis XV, mais sans trop y réussir, à cause du désordre et de l'indiscipline qui sévissaient dans les arsenaux et sur les navires de guerre.

Le 8 août 1793 la Convention supprime l'Académie royale des Sciences. La Terreur commençait avec l'invasion de la France. Le Comité de Salut public, créé le 5 avril 1793 et réorganisé le 31 mai, exerce la dictature, seule capable de sauver le pays. Sous ses ordres travaillent des savants tels que Monge et Berthollet. Monge, animé d'un enthousiasme patriotique, déploie une activité inlassable, réalisant une grandiose improvisation où il met à profit tous ses travaux scientifiques antérieurs, et qui constitue un de ses plus grands titres de gloire. Il était chargé avec Berthollet de la fabrication des canons et des fusils. La fabrication des fusils à Paris est portée à 140000 par an; le nombre des fonderies de canons de bronze est porté de 2 à 15 avec une production annuelle de 7000 pièces; le nombre des usines pour la fabrication des bombes, obus et boulets est augmenté dans les mêmes proportions. La même impulsion est donnée à la fabrication de la poudre révolutionnaire de Paris grâce à une collecte intensive du salpêtre portée de 1 à 17 millions de livres. A ce travail formidable s'ajoute en février 1794 un enseignement consacré à la fabrication des canons, des fusils et de la poudre, et confié à Monge et à Berthollet. En même temps, malgré la suppression de l'Académie des Sciences, Monge continuait à collaborer avec la Commission des Poids et Mesures, maintenant dirigée par Lavoisier, jusqu'à ce que celui-ci succombât sur l'échafaud le 8 mai 1794. Monge faisait également partie de la Commission du Calendrier et il s'occupait de l'utilisation des ballons captifs comme instruments d'observation dans les opérations militaires.

Monge joue un rôle important dans la création de l'École Polytechnique. C'est le 28 septembre 1794 que la Convention vote la loi constituant la charte de fondation de cette École. C'est en réalité Monge qui joue techniquement le rôle prépondérant dans son organisation. C'est à lui que l'on doit l'importance attribuée à la géométrie descriptive et à la stéréotomie, le mélange de la pratique et de la théorie, le choix d'un enseignement commun aux divers corps d'ingénieurs militaires ou civils; on sent là l'influence de la longue expérience de Monge à l'École de Mézières.

Monge était « instituteur » de la Géométrie descriptive, Lagrange de l'Analyse, Hassenfratz de la Physique générale, Berthollet, Fourcroy et Guyton de la Physique particulière, c'est-à-dire de la Chimie.

Monge professait avec feu sa science préférée et complétait ses explications

par la chaleur du geste et la mimique expressive des mains. Il se mêlait paternellement aux élèves, circulait dans leurs salles, les dirigeait dans leur travail; c'était un animateur incomparable. A la suite d'une leçon de Monge à laquelle Lagrange avait assisté, le grand analyste déclara : « Je ne savais pas, avant d'avoir entendu Monge, que je savais la Géométrie descriptive ».

Monge enseigna aussi la Géométrie descriptive à la jeune École Normale, autre fondation de la Convention, qui avait été ouverte en janvier 1795 et où 1200 citoyens avait été appelés à Paris de toutes les parties de la République pour recevoir en quatre mois un rudiment d'instruction leur permettant de devenir à leur tour capables d'instruire. Ce fut à la suite des leçons de Monge que l'enseignement de la Géométrie descriptive donna lieu pour la première fois à un Ouvrage didactique, qui eut plusieurs éditions successives.

Monge n'avait pas été inquiété après le 9 thermidor, malgré les attaques violentes dont il fut l'objet après son départ du Ministère de la Marine, mais il eut la chance de « sortir pur du creuset des épreuves », pour employer le langage de l'époque. Il n'en fut pas de même après le 1er prairial (20 mai 1795) où le peuple envahit la Convention et qui eut pour conséquence l'élimination des Montagnards ménagés après le 9 thermidor. Monge, dénoncé par son concierge comme hébertiste et babouviste, se sauve à Aulnay, dans une maison de campagne appartenant à son ami Berthollet. Mais la direction de l'École Polytechnique signale bientôt à la Convention le grand tort que l'absence de Monge causait aux élèves; le 22 juillet 1795 Monge était remis en liberté et reprenait ses fonctions à l'École. La Convention Nationale fut dissoute le 26 octobre 1795. La veille elle avait reconstitué, sous le nom d'Institut national, les Académies de l'ancien régime qu'elle avait supprimées deux ans auparavant. Le lendemain le Directoire était installé.

Le 14 mai 1796 Monge est désigné par le Directoire pour faire partie de la Commission des Sciences et des Arts chargée de visiter et de recueillir en Italie, dans les régions conquises par les armées de la République, les monuments, manuscrits, tableaux et souvenirs dignes d'entrer dans les musées et bibliothèques de la France. Je ne le suivrai pas dans ce voyage où il eut des contacts fréquents et de plus en plus intimes avec le général en chef Bonaparte. Ce dernier le chargea, après la conclusion du traité de Campo-Formio le 18 octobre 1797, de porter au Directoire, avec le général Bertier, le texte de ce Traité en l'accompagnant d'une lettre contenant les plus grands éloges de Monge.

Le séjour de Monge en France, après son retour à Paris, ne dura pas longtemps; le 31 janvier 1798 il était envoyé par le Directoire à Rome, avec Daunou et Florent, pour y substituer au gouvernement du Pape un gouvernement libre et représentatif. La République romaine, qui eut du reste une existence précaire, fut fondée non sans de grosses difficultés. Mais Monge ne resta pas longtemps à Rome. Il prit part avec Berthollet et un certain nombre

d'autres savants à l'expédition d'Égypte. Il fut nommé président de l'Institut d'Égypte, Bonaparte se contentant du titre de vice-président. La Section de Mathématiques de l'Institut comprenait, avec Monge, Bonaparte, Malus, Fourier, etc.; l'Institut d'Égypte comprenait en outre les Sections de Physique, d'Économie politique, de Littérature et Arts. Monge exerça de nouveau son activité scientifique : il donna l'explication du phénomène du mirage, prit part avec Bonaparte et Berthollet à une petite expédition qui permit à Bonaparte de retrouver les traces de l'ancien canal de Suez; on lui doit aussi une étude des propriétés curieuses de la fontaine de Moïse. Il accompagna Bonaparte dans l'expédition de Syrie, pendant laquelle il eut, devant Saint-Jean-d'Acre, une grave maladie, qui fut soignée par Desgenettes, Berthollet et Bonaparte. Enfin avec Berthollet il accompagna Bonaparte dans son départ inopiné d'Égypte. Après l'arrivée à Saint-Raphaël et une traversée triomphale de la France, il arriva à Paris le 15 octobre 1799. Pendant son séjour en Égypte Monge eut plusieurs fois l'occasion de montrer son courage, spécialement au moment de l'insurrection inattendue du 21 octobre 1798 contre l'Institut d'Égypte, où il organisa la résistance avec Berthollet, Fourier et Costaz et s'opposa de toutes ses forces à l'abandon des instruments précieux qui avaient été rassemblés à l'Institut.

Après sa rentrée en France, Monge abandonne son titre d'examinateur de la Marine le 22 octobre 1799, puis son poste de directeur de l'École Polytechnique le 22 décembre suivant, pour conserver seulement ses fonctions d'instituteur de géométrie descriptive. Il suit fidèlement la fortune de Bonaparte, qui était pour lui l'incarnation vivante de sa religion révolutionnaire; Bonaparte de son côté aimait en lui sa science, sa simplicité et sa naïveté. Jusqu'à la fin de l'Empire, les honneurs s'accumulent sur Monge. En 1803, il est nommé vice-président du Sénat le 21 avril, sénateur de Liége le 28 septembre, ce qui lui vaut la possession du château princier de Seraing. A la proclamation de l'Empire en 1804, l'Empereur lui confère la plaque de grand officier de la Légion d'Honneur; en 1806, il est nommé président du Sénat, en 1808 comte de Péluse.

Ces honneurs n'empêchent pas néanmoins Monge de garder son indépendance. La signature du Concordat et la réouverture de Notre-Dame en 1802 rencontrèrent de sa part une vive opposition; avec Laplace et Lagrange il avait déconseillé de toutes ses forces ces mesures. En 1804, lorsque Napoléon soumet l'École Polytechnique au régime militaire et au casernement, il rencontre chez Monge une vive opposition, revenant cinq fois à la charge pour protéger ses enfants de l'École Polytechnique; il pensait surtout que l'internat mis à la charge des familles exclurait de l'École les enfants des familles pauvres. Dans d'autres circonstances Monge montra sa grande bonté. En 1807 Berthollet avait, comme beaucoup d'autres à cette époque, été entraîné à dépenser sans compter. Monge signale le fait à l'Empereur qui met à la disposition de

Berthollet une somme de 150000 francs et fait ensuite à Monge, qui ne demandait rien, un cadeau équivalent.

En 1808 Monge avait atteint 62 ans; à cette époque son optimisme naturel se donnait libre carrière; les Mathématiques gardaient pour lui leur vieil attrait. Il se plaisait dans la compagnie des livres; son goût allait de préférence à Homère et la Bible, Plutarque, César et Corneille, et aussi Dante dont il avait tenu à rapporter d'Italie un exemplaire de la Divine Comédie. En 1809 un rhumatisme articulaire douloureux l'empêche pendant quelques temps d'assister aux séances de l'Académie des Sciences; il se sent obligé d'abandonner son cours à l'École Polytechnique, dans l'impossibilité où il se trouve de faire les gestes nécessaires pour rendre son enseignement suffisamment vivant. En décembre 1812 Monge, au repos en Bourgogne chez son gendre Marey, tombe foudroyé en prenant connaissance du terrible 29ᵉ Bulletin de la Grande armée révélant brusquement nos désastres de Russie. Monge peut cependant peu à peu reprendre ses occupations et même ses travaux mathématiques. Vient la capitulation de Paris, puis le vote par le Sénat de la déchéance de Napoléon, douloureusement surpris que Berthollet l'ait abandonné en votant avec la majorité, mais consolé à la pensée que Monge lui était resté fidèle. Monge traîne ensuite une vie languissante que ne parvenait même pas à réveiller le chant de la Marseillaise que, depuis longtemps, il avait l'habitude de chanter avant les repas comme un bénédicité. La seconde Restauration le raya de la liste des Membres de l'Académie des Sciences, en même temps que Carnot. Il s'éteignit le 28 juillet 1818. Les élèves de l'École Polytechnique voulurent assister à ses funérailles, mais le gouvernement interdit cette manifestation révolutionnaire. Le lendemain, jour de sortie, les élèves, fidèles au vieil esprit de généreuse indépendance de leurs aînés, allèrent en corps sur la tombe de leur maître rendre un dernier hommage au père de leur École.

L'époque troublée pendant laquelle avait vécu Monge avait vu un renouveau des Sciences mathématiques avec les Lagrange, les Laplace, les Monge, sans oublier les Carnot et les Fourier. Dans cette brillante phalange, Monge peut être caractérisé comme un rénovateur à la fois de la Géométrie et de l'Analyse, trouvant son inspiration dans les besoins de la pratique, de même que plus tard Fourier trouvera dans la Physique l'inspiration qui le conduira à la création d'un Chapitre nouveau de l'Analyse, aux immenses répercussions.

Je donne la parole à Monsieur le Vice-Président pour la lecture des prix et subventions.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1946.

MATHÉMATIQUES.

Commissaires : MM. J. Hadamard, É. Borel, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, J. Pérès.

PRIX FRANCŒUR (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Laurent Schwartz**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Nancy, pour l'ensemble de ses travaux sur les fonctions de variables réelles et sur la généralisation de la notion de dérivée. *Rapporteur :* M. E. Borel.

PRIX CARRIÈRE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Claude Chabauty**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour l'ensemble de ses travaux, et particulièrement ceux qui se rapportent aux théories de l'arithmétique et de l'algèbre. *Rapporteur :* M. A. Denjoy.

MÉDAILLE ÉMILE PICARD. — La médaille est décernée à M. **Maurice Fréchet**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur le calcul des probabilités et la statistique mathématique. *Rapporteur :* M. É. Borel.

PRIX LEONARD EUGENE DICKSON (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Georges Bourion**, professeur à la Faculté des sciences d'Alger, pour l'ensemble de ses recherches sur l'ultra-convergence. *Rapporteur :* M. P. Montel.

MÉCANIQUE.

Commissaires : MM. É. Borel, J. Drach, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot, J. Pérès, E. Vessiot, H. Beghin.

PRIX MONTYON (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henri Poncin**, professeur à la Faculté des sciences de Poitiers, pour ses travaux de mécanique des fluides et de mécanique générale. *Rapporteur :* M. H. Villat.

PRIX FOURNEYRON (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Capelle**, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, pour ses travaux sur la théorie et la technique de l'engrenage. *Rapporteur :* M. H. Beghin.

PRIX PONCELET (5.000fr). — Le prix est décerné à M. **Maurice Roy**, correspondant de l'Académie des sciences, professeur à l'École des ponts et chaussées, pour l'ensemble de ses travaux de mécanique, particulièrement sur la théorie des moteurs. *Rapporteur :* M. H. Villat.

PRIX BOILEAU (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jacques Valensi**, professeur à la Faculté des sciences de Marseille, pour ses travaux sur la théorie de l'hélice. *Rapporteur :* M. J. Pérès.

PRIX HENRI DE PARVILLE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **René Leduc**, ingénieur d'aéronautique, pour ses travaux sur la résistance des corps creux. *Rapporteur :* M. A. de Gramont.

ASTRONOMIE.

Commissaires : MM. H. Deslandres, A. Cotton, E. Esclangon, Ch. Maurain. L, de Broglie, G. Fayet, L. Picart, J. Chazy, B. Lyot.

PRIX BENJAMIN VALZ (3.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Raoul Goudey**, astronome à l'Observatoire de Besançon, pour ses travaux sur la gravité. *Rapporteur :* M. Ch. Maurain.

PRIX JULES-CÉSAR JANSSEN (Médaille). — La médaille est décernée à M. **Jan Oort**, directeur de l'Observatoire de Leyde, pour ses recherches concernant la galaxie et la statistique stellaire. *Rapporteur :* M. G. Fayet.

PRIX PIERRE GUZMAN. — Deux prix de 15.000^{fr} sont décernés :

— à M. **Jules Baillaud**, directeur de l'Observatoire du Pic-du-Midi, pour ses travaux de photométrie stellaire, particulièrement en ce qui concerne la carte du ciel. *Rapporteur :* M. G. Fayet;

— à M. **Jean Bosler**, correspondant de l'Académie des sciences, directeur de l'Observatoire de Marseille, pour ses travaux sur les orages magnétiques et les courants telluriques. *Rapporteur :* M. J. Chazy.

FONDATION FRÉDÉRIC FORTHUNY (3.800^{fr}). — Un prix est décerné à M. **Victor Maitre**, astronome à l'Observatoire de Besançon, pour ses travaux de mécanique et de physique astronomique. *Rapporteur :* M. E. Esclangon.

GÉOGRAPHIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, Ch. Maurain, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, Ch. Pérez, A. Chevalier, É.-G. Barillon, E. de Martonne, D. Cot.

PRIX DELALANDE-GUÉRINEAU (3.500^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Henri Lhote**, membre de l'Institut des recherches sahariennes de l'Université d'Alger, pour ses travaux sur le Sahara. *Rapporteur :* M. A. Chevalier.

FONDATION TCHIHATCHEF (5.000^{fr}). — Un prix est décerné à M. **André Romer**, chef du service de météorologie et de géophysique de l'Indochine, pour ses travaux de géophysique. *Rapporteur :* M. Ch. Maurain.

PRIX BINOUX (8.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Lucien Beaugé**, professeur à l'École supérieure des pêcheries de Québec, pour ses études sur les pêches maritimes et l'océanographie. *Rapporteur :* M. G. Durand-Viel.

NAVIGATION.

Commissaires : MM. É. Borel, M. de Broglie, J. Drach, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barillon, J. Pérès, E. de Martonne, E. Vessiot, H. Beghin, D. Cot.

PRIX PLUMEY (20.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Marc Isabelle**, ingénieur en chef du génie maritime, pour ses travaux sur les sous-marins et la stabilité du navire. *Rapporteur :* M. É.-G. Barrillon.

PHYSIQUE.

Commissaires : MM. M. Brillouin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Maurain. A. de Gramont, L. de Broglie, P. Langevin, Ch. Mauguin, C. Gutton, F. Joliot, J. Becquerel, J. Cabannes.

PRIX LA CAZE (12.000fr). — Le prix est décerné à M. **François Croze**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux d'astrophysique. *Rapporteur :* M. J. Cabannes.

PRIX GASTON PLANTÉ (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henry Lanoy**, ingénieur-conseil électricien, pour ses travaux sur l'équipement électrique des avions et des automobiles. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX HENRI DE PARVILLE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **San-Tsiang Tsien**, chargé de recherches du Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux de physique nucléaire. *Rapporteur :* M. F. Joliot.

PRIX HUGHES (5.000fr). — Le prix est décerné à M. **Antoine Colombani**, chargé de recherches du Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur les propriétés électriques et magnétiques des couches métalliques minces. *Rapporteur :* M. P. Langevin.

FONDATION PIERRE LAFITTE (3.500fr). — Un prix est décerné à M. **Jean Ortusi**, ingénieur à la Compagnie générale de télégraphie sans fil, pour ses travaux sur la propagation des ondes hertziennes. *Rapporteur :* M. C. Gutton.

FONDATION DU GÉNÉRAL FERRIÉ (6.000fr). — Un prix est décerné à M. **René Fortrat**, correspondant de l'Académie des sciences, doyen de la Faculté des sciences de Grenoble, pour l'ensemble de ses travaux sur la radioélectricité. *Rapporteur :* M. C. Gutton.

CHIMIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, G. Bertrand, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, M. Javillier, P. Lebeau, J. Duclaux, P. Jolibois, P. Pascal.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Arnold Lassieur**, ingénieur en chef du Laboratoire municipal de la Préfecture de police, pour l'ensemble de ses travaux d'hygiène et les services qu'il a rendus au cours des bombardements aériens. *Rapporteur :* M. M. Delépine.

PRIX JECKER. — Deux prix de 5.000fr sont décernés :

— à M. **Jean Colonge**, chargé de cours à la Faculté des sciences de Lyon, directeur-adjoint de l'École de chimie industrielle de Lyon, pour l'ensemble de ses travaux de chimie organique. *Rapporteur :* M. M. Delépine;

— à Mlle **Jeanne Lévy**, professeur sans chaire à la Faculté de médecine de Paris, directeur des laboratoires de l'Académie de médecine, pour ses travaux de chimie organique. *Rapporteur :* M. M. Delépine.

PRIX LA CAZE (12.000fr). — Le prix est décerné à M. **Paul Laffitte**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur les mélanges gazeux. *Rapporteur :* M. P. Lebeau.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE. — Cinq prix de 6.000fr sont décernés :

— à M. **Jean-Lucien Andrieux**, directeur de l'Institut d'électrochimie et d'électrométallurgie de l'Université de Grenoble, pour ses travaux d'électrolyse. *Rapporteur :* M. M. Delépine;

— à M. **Paul Fleury**, professeur à la Faculté de pharmacie de Paris, pour ses travaux de chimie biologique. *Rapporteur :* M. P. Lebeau;

— à M. **Victor Hasenfratz**, sous-directeur de laboratoire au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux sur les principes immédiats des végétaux. *Rapporteur :* M. M. Delépine;

— à M. **Maurice-Marie Janot**, professeur à la Faculté de pharmacie de Paris, pour ses travaux de chimie végétale. *Rapporteur :* M. P. Lebeau;

— à M. **Raymond Quelet**, professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux, pour ses travaux sur les aldéhydes. *Rapporteur :* M. M. Delépine.

PRIX HOUZEAU (3.500fr). — Le prix est décerné à M. **Henri Guiter**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Montpellier, pour ses recherches sur la structure ionique des solutions salines. *Rapporteur :* M. P. Pascal.

PRIX ÉMILE JUNGFLEISCH (50.000fr). — Le prix est décerné à M. **Joseph Bougault**, professeur honoraire à la Faculté de pharmacie de Paris, pour l'ensemble de ses travaux de chimie organique. *Rapporteur :* M. M. Delépine.

FONDATION CHARLES-ADAM GIRARD (3.000fr). — Les arrérages de la fondation sont attribués à M. **Adolphe Pacault**, chargé de recherches du Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux de magnétochimie. *Rapporteur :* M. P. Pascal.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Cotton, M. Caullery, Ch. Jacob, Ch. Pérez, Ch. Mauguin, F. Grandjean, E. de Margerie, A. Michel-Lévy, L. Bertrand.

FONDATION EDMOND HÉBERT (5.000fr). — Les arrérages de la fondation sont attribués à M. **Claude Francis-Bœuf**, chargé de recherches du Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur la sédimentation dans les estuaires en France. *Rapporteur :* M. Ch. Jacob.

PRIX VICTOR RAULIN (3.600fr). — Le prix est décerné à Mlle **Simonne Caillère**, sous-directeur de laboratoire au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux thermiques et radiocristallographiques sur les minéraux de la famille des amphiboles. *Rapporteur :* M. F. Grandjean.

PRIX ANDRÉ-C. BONNET (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Roger**, sous-directeur de laboratoire au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux sur les pectinidés néogènes, et sur les crustacés et céphalopodes du crétacé du Liban. *Rapporteur:* M. Ch. Jacob.

PRIX CARRIÈRE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Pierre Chatelain**, professeur à la Faculté des sciences de Montpellier, pour ses recherches sur les liquides anisotropes. *Rapporteur :* M. Ch. Mauguin.

BOTANIQUE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, L. Blaringhem, Ch. Pérez, A. Chevalier, E. de Martonne, R. Souèges, J. Magrou, R. Heim.

PRIX DESMAZIÈRES (5.000fr). — Le prix est décerné à feu **Frédéric Bataille**, président honoraire de la Société mycologique de France, pour ses travaux de mycologie. *Rapporteur :* M. R. Heim.

PRIX MONTAGNE (5.000fr). — Le prix est décerné à M. **Raymond Gaume**, attaché au Labora-

toire de cryptogamie du Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux sur les muscinées. *Rapporteur :* M. R. HEIM.

PRIX DE LA FONS MÉLICOCQ (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Lucien Guyot**, professeur à l'Ecole nationale d'agriculture de Grignon, pour ses travaux sur la flore phanérogamique et cryptogamique et la végétation du Nord de la France. *Rapporteur :* M. A. CHEVALIER.

PRIX CARRIÈRE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henri Perrier de la Bâthie**, correspondant de l'Académie des sciences, pour l'ensemble de son œuvre sur la phanérogamie de Madagascar. *Rapporteur :* M. A. CHEVALIER.

ÉCONOMIE RURALE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, E. Leclainche. G. Bertrand, L. Blaringhem, L. Lapicque, R. Fosse, É. Schribaux, M. Javillier, A. Chevalier.

PRIX DEMOLOMBE (3.500fr). — Le prix est décerné à feu **Bekalalis Brodskis**, chimiste au Centre des recherches agronomiques de Rabat, pour ses études relatives à l'influence du sol sur la composition des céréales du Maroc. *Rapporteur :* M. M. JAVILLIER.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Cuénot, Ch. Pérez, P. Portier, E. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage, R. Courrier.

PRIX CUVIER (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Marc Klein**, professeur à la Faculté de médecine de Strasbourg, pour ses travaux sur la sexualité chez les Mammifères. *Rapporteur :* M. R. COURRIER.

PRIX DA GAMA MACHADO (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Martial Laplaud**, directeur de la Bergerie nationale de Rambouillet, pour ses travaux sur l'insémination artificielle. *Rapporteur :* M. L. FAGE.

FONDATION SAVIGNY (3.000fr). — Un prix est décerné à M. **Raymond Kehl**, professeur à la Faculté de médecine d'Alger, pour ses travaux sur le cycle sexuel des Reptiles d'Algérie. *Rapporteur :* M. R. COURRIER.

PRIX POUCHARD (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Albert Vandel**, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, pour ses travaux sur les Isopodes terrestres. *Rapporteur :* M. M. CAULLERY.

ANTHROPOLOGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Blaringhem, L. Lapicque. Ch. Pérez, R. Courrier, L. Fage.

PRIX ANDRÉ-C. BONNET (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **Théodore Monod**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, directeur de l'Institut d'Afrique noire, pour ses études de préhistoire saharienne. *Rapporteur :* M. L. FAGE.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, E. Leclainche, H. Vincent, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent, G. Roussy, L. Binet, Ch. Laubry, H. Hartmann, R. Leriche.

PRIX MONTYON. — Trois prix de 6.000fr sont décernés :

— à M. **Henri Dubois-Ferrière**, docteur en médecine, pour son ouvrage intitulé : *La maladie post-opératoire et le shock traumatique. Rapporteur :* M. R. Leriche;

— à feu **Noël Fiessinger**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, MM. **Henri-René Olivier**, ancien chef de laboratoire à la Faculté de médecine de Paris, et **Maurice Herbain**, assistant à la Faculté de médecine de Paris, pour leur ouvrage intitulé : *Diagnostics biologiques. Rapporteur :* M. H. Vincent;

— à MM. **Daniel Petit-Dutaillis**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, et **Stanislas de Sèze**, médecin des Hôpitaux de Paris, pour leur ouvrage intitulé : *Sciatiques et lombalgies par hernie postérieure des disques intervertébraux. Rapporteur :* M. H. Hartmann.

PRIX BARBIER (5.000fr). — Le prix est décerné à M. **René Martin**, médecin-chef de l'Hôpital de l'Institut Pasteur, pour son ouvrage intitulé : *La pénicilline et ses applications cliniques. Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX BRÉANT (20.000fr). — Le prix est décerné à M. **Rémy Richou**, docteur-vétérinaire, pour ses travaux d'immunologie. *Rapporteur :* M. E. Leclainche.

PRIX GODARD ((3.000fr). — Le prix est décerné à MM. **Pierre Truchot**, radiologiste de l'Hôpital Bicêtre, et **Bernard Fey**, chirurgien de l'Hôpital Cochin, pour leur ouvrage intitulé : *L'Urographie intraveineuse. Rapporteur :* M. R. Leriche.

PRIX DU BARON LARREY (4.000fr). — Le prix est décerné à M. le Médecin général inspecteur **Maurice Pilod**, professeur agrégé du Val-de-Grâce, pour son étude sur les causes des variations de la morbidité dans l'armée métropolitaine. *Rapporteur :* M. H. Vincent.

FONDATION CHARLES-BOUCHARD. — Deux prix de 2.750fr sont décernés :

— à MM. **Jacques Leveuf**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, et **Pierre Bertrand**, assistant orthopédiste à l'Hôpital des enfants malades, pour leur ouvrage intitulé : *Luxations et subluxations congénitales de la hanche. Leur traitement basé sur l'arthrographie. Rapporteur :* M. H. Hartmann;

— à MM. **Émile Ricard** et **Georges Fanjeaux**, médecins-capitaines, pour leur travail sur les réanimations et transfusions de guerre. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX JEAN DAGNAN-BOUVERET. — Deux prix de 5.000fr sont décernés :

— à MM. **Albert Sézary** et **Jean Lenègre**, professeurs à la Faculté de médecine de Paris, pour leur *Précis de pathologie médicale. Rapporteur :* M. Ch. Laubry;

— à M. **Roger Crosnier**, médecin des Hôpitaux militaires, pour ses études de nutrition. *Rapporteur :* M. L. Binet.

CANCER ET TUBERCULOSE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, E. Sergent, G. Roussy, J. Jolly, L. Binet.

FONDATION ROY-VAUCOULOUX (7.000fr). — Un prix est décerné à M. **Charles Oberling**, docteur en médecine, pour l'ensemble de ses recherches sur le cancer. *Rapporteur :* M. G. Roussy.

PRIX LOUISE DARRACQ (6.000fr). — Un prix est décerné à M. **Antoine Lacassagne**, professeur au Collège de France, pour l'ensemble de ses travaux sur le cancer. *Rapporteur :* M. G. Roussy.

FONDATION HENRIETTE RÉGNIER (4.000fr). — Un prix est décerné à M. **Paul Hauduroy**, professeur à l'Université de Lausanne, pour ses recherches sur les bacilles paratuberculeux. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PHYSIOLOGIE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, J. Jolly, L. Binet.

PRIX MONTYON (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Giaja**, professeur à l'Université de Belgrade, pour ses travaux sur le métabolisme dans la série animale. *Rapporteur :* M. P. Portier.

PRIX L. LA CAZE (12.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henri Piéron**, professeur au Collège de France, pour ses recherches expérimentales de psychophysiologie. *Rapporteur :* M. L. Lapicque.

PRIX POURAT (4.400fr). — Le prix est décerné à Mlle **Denise Quivy**, chef de travaux de l'École des hautes études, pour son ouvrage intitulé : *Évaluation de l'héparine* in vitro. *L'héparinémie au cours de certaines agressions. Rapporteur :* M. L. Binet.

STATISTIQUE.

Commissaires : MM. A. Lacroix, É. Borel, L. Blaringhem, J. Drach, Ch. Maurain, É. Cartan, L. de Broglie, J. Chazy, P. Montel.

PRIX MONTYON (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Ville**, professeur à la Faculté des sciences de Lyon, pour ses travaux de calcul des probabilités. *Rapporteur :* M. É. Borel.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

Commissaires : MM. A. Lacroix, É. Borel, M. Caullery, M. Delépine, H. Villat, L. de Broglie, Ch. Pérez, J. Chazy, P. Montel.

PRIX BINOUX (8.000fr). — Le prix est décerné à M. **Pierre Vendryès**, médecin à Chatelguyon, pour ses ouvrages sur la philosophie des sciences. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

OUVRAGES DE SCIENCES.

Commissaires : MM. É. Cartan, L. Blaringhem, A. Lacroix, L. de Broglie, É. Borel, H. Vincent, M. de Broglie.

PRIX HENRI DE PARVILLE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Georges Champetier**, professeur à l'Institut de chimie de l'Université de Paris, pour son ouvrage sur les éléments de la chimie. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

MÉDAILLES.

Commissaires : MM. É. Cartan, L. Blaringhem, A. Lacroix, L. de Broglie.

MÉDAILLE BERTHELOT. — La médaille est décernée :

— à M. **Jean Colonge** et à Mlle **Jeanne Lévy**, lauréats du prix Jecker;

— à MM. **Jean-Lucien Andrieux, Paul Fleury, Victor Hasenfratz**, lauréats du prix Paul Marguerite de La Charlonie;

— à M. **Henri Guiter**, lauréat du prix Houzeau.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT : Grand prix des sciences mathématiques (10.000fr). — Commissaires : MM. E. Borel, J. Drach, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel.

Le prix est décerné à M. **Jacques Dufresnoy**, professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux, pour l'ensemble de ses travaux sur la théorie des fonctions. *Rapporteur :* M. P. Montel.

PRIX BORDIN (8.000fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, H. Vincent, M. Caullery, Ch. Pérez, A. Chevalier, É. Roubaud, R. Souèges.

Le prix est décerné à M. **Marcel Abeloos**, professeur à la Faculté des sciences de Poitiers, pour l'ensemble de ses travaux sur la croissance. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

PRIX VAILLANT (12.000fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, M. Caullery, M. Delépine, R. Fosse, P. Lebeau, A. Chevalier, L. Binet.

Le prix est décerné à M. **Albert Goris**, professeur honoraire à la Faculté de pharmacie, pour l'ensemble de ses travaux de botanique et de chimie végétale. *Rapporteur :* M. M. Delépine.

PRIX PETIT D'ORMOY (Sciences naturelles). — Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, A. Chevalier, P. Roubaud, L. Binet.

Deux prix de 25.000fr sont décernés :

— à M. **Constantin Toumanoff**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Saïgon, pour ses travaux sur la parasitologie de l'Indochine française. *Rapporteur :* M. É. Roubaud;

— à M. **René Bourret**, ancien directeur de l'École supérieure des sciences de Hanoï, pour ses travaux sur la géologie et la faune de l'Indochine. *Rapporteur :* M. A. Chevalier.

PRIX LE CONTE. — Commissaires : MM. É. Cartan, L. Blaringhem, A. Lacroix, L. de Broglie, P. Langevin, Ch. Mauguin, P. Montel, P. Jolibois, R. Courrier, L. Binet.

Un prix de 50.000^{fr} est décerné à M. **Richard Fosse**, membre de l'Académie des sciences, pour l'ensemble de ses travaux de chimie. *Rapporteur :* M. L. BLARINGHEM.

PRIX JEAN REYNAUD (8.000^{fr}). — Commissaires : MM. A. Lacroix, É. Borel, L. de Broglie, Ch. Pérez, A. Chevalier, P. Montel, L. Binet, A. Portevin, R. Souèges.

Le prix est décerné à la mémoire de **Jean Perrin**, membre de l'Académie des sciences, pour l'ensemble de son œuvre de chimie physique. *Rapporteur :* M. É. BOREL.

PRIX HOULLEVIGUE (2.900^{fr}). — Commissaires : MM. H. Deslandres, É. Borel, M. Brillouin, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel.

Le prix est décerné à M. **Gustave Choquet**, docteur ès sciences, pour l'ensemble de ses travaux d'analyse et de géométrie. *Rapporteur :* M. P. MONTEL.

PRIX SAINTOUR (5.000^{fr}). — Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, H. Vincent, M. Caullery, Ch. Pérez, A. Chevalier, É. Roubaud, R. Souèges.

Le prix est décerné à M. **Henri Gaussen**, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, pour ses recherches de dendrologie et de géographie botanique. *Rapporteur :* M. A. CHEVALIER.

PRIX LONCHAMPT (6.500^{fr}). — Commissaires : MM. A. Lacroix, E. Leclainche, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, M. Javillier, A. Chevalier, L. Binet.

Le prix est décerné à M. **Félix-Martial Taboury**, professeur à la Faculté des sciences de Poitiers, pour ses travaux sur le sélénium chez les végétaux. *Rapporteur :* M. G. BERTRAND.

PRIX HENRY WILDE (5.600^{fr}). — Commissaires : MM. H. Deslandres, A. Lacroix, É. Borel, G. Bertrand, A. Cotton, E. Esclangon, M. Delépine, A. de Gramont, L. de Broglie.

Le prix est décerné à M. **Alain Horeau**, sous-directeur de laboratoire au Collège de France, pour l'ensemble de ses travaux de chimie organique et de chimie biologique. *Rapporteur :* M. L. DE BROGLIE.

PRIX CAMÉRÉ (6.000^{fr}). — Commissaires : MM. A. Lacroix, J. Drach, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot, Ch. Pérez, É.-G. Barrillon, A. Portevin.

Le prix de 1944 est décerné à M. **Pierre Massé**, ingénieur des ponts et chaussées, directeur de l'équipement à l'Électricité de France, pour ses travaux sur l'hydraulique fluviale et la statistique appliquée à l'art de l'ingénieur. *Rapporteur :* M. É.-G. BARRILLON.

Le prix de 1946 est décerné à M. **Jean Courbon**, ingénieur des ponts et chaussées, pour ses travaux d'élasticité et de résistance des matériaux. *Rapporteur :* M. A. CAQUOT.

PRIX ALBERT Ier DE MONACO (100.000^{fr}). — Commissaires : MM. É. Cartan, L. Blaringhem, A. Lacroix, L. de Broglie, É. Borel, M. Caullery, Ch. Jacob, P. Langevin, J. Chazy, A. Chevalier, J. Magrou.

Le prix est réservé pour honorer la mémoire des savants français victimes de la barbarie nazie. *Rapporteur :* M. É. CARTAN.

PRIX MARQUET (4.000fr). — Commissaires : MM. H. Deslandres, É. Borel, A. Cotton, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia.

Le prix est décerné à M. **Henri Bizette**, assistant à la Faculté des sciences de Rennes, pour ses travaux sur les propriétés électromagnétiques des corps. *Rapporteur :* M. A. Cotton.

PRIX DU GÉNÉRAL MUTEAU. — Commissaires : MM. É. Borel, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, J. Chazy, É.-G. Barrillon, P. Jolibois.

Un prix de 15.000fr est décerné à M. **Joseph-Georges Darpas**, ingénieur en chef de l'artillerie navale, pour ses travaux de balistique extérieure. *Rapporteur :* M. É.-G. Barrillon.

Un prix de 10.000fr est décerné à M. **Osée Marcus**, agrégé des sciences mathématiques, pour ses travaux sur les calculs balistiques. *Rapporteur :* M. É.-G. Barrillon.

PRIX LAURA MOUNIER DE SARIDAKIS (16.500fr). — Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, G. Bertrand, L. de Broglie, Ch. Pérez, P. Portier, M. Javillier, J. Jolly, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **Pierre Lépine**, chef de service à l'Institut Pasteur, pour ses recherches sur l'ultracentrifugation. *Rapporteur :* M. G. Bertrand.

PRIX MARIE-GUIDO TRIOSSI. — Commissaires : MM. M. de Broglie, Ch. Maurain, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barrillon.

Trois prix de 20.000fr sont décernés :

— à Mlle **Yvette Cauchois**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux de spectroscopie de rayons X. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

— à M. **Raymond Jouaust**, directeur honoraire du Laboratoire central d'électricité, pour l'ensemble de ses travaux d'électricité. *Rapporteur :* M. Ch. Maurain;

— à M. **Jean-Jacques Trillat**, professeur à la Faculté des sciences de Besançon, pour ses travaux concernant les applications des rayons X à l'électronique. *Rapporteur :* M. M. de Broglie.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE. — Trois prix sont décernés :

— à M. **Claude Bloch**, né à Paris, XIXe arrondissement, le 18 mars 1923, sorti premier de l'École polytechnique, division A;

— à M. **André Besset**, né à Paris, VIe arrondissement, le 4 mars 1924, sorti premier de l'École polytechnique, division B;

— à M. **René Granier de Lilliac**, né à Nantes, Loire-Inférieure, le 27 octobre 1919, sorti premier de l'École polytechnique, division spéciale.

PRIX L.-E. RIVOT. — Six prix de 750fr sont décernés :

— à MM. **Claude Bloch**, division A; **André Besset**, division B; **René Granier de Lilliac**, division spéciale, entrés premiers à l'École des mines;

— à MM. **Raymond Guitonneau**, division A; **Raphaël Aris**, division B; **Pierre Dumard**, division spéciale, entrés premiers à l'École des ponts et chaussées.

Six prix de 500fr sont décernés :

— à MM. **Paul Gentil**, division A; **Jean Herbin**, division B; **Jean Cantenot**, division spéciale, entrés seconds à l'École des mines;

— à MM. **Maurice Cancelloni**, division A; **François Kirchner**, division B; **Georges Rême**, division spéciale, entrés seconds à l'École des ponts et chaussées.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION JÉRÔME PONTI (5.000fr). — Commissaires : MM. É. Borel, Ch. Maurain, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel.

Un prix est décerné à M. **Daniel Dugué**, professseur à la Faculté des sciences d'Alger, pour ses travaux de calcul des probabilités. *Rapporteur :* M. É. Borel.

FONDATION HENRI BECQUEREL (6.000fr). — Commissaires : MM. É. Cartan, L. Blaringhem, A. Lacroix, L. de Broglie, E. Borel, G. Bertrand, G. Fayet.

Un prix est décerné à M. **Hervé Fabre**, astronome à l'Observatoire de Nice, pour ses recherches de mécanique céleste. *Rapporteur :* M. G. Fayet.

FONDATION LOUTREUIL. — Conseil : MM. É. Cartan, A. Lacroix, L. de Broglie, É. Borel, G. Bertrand, M. de Broglie.

Les subventions suivantes sont accordées :

— 5.000fr à M. **Léon Berthois**, maître de conférences à l'École d'agriculture de Rennes, pour ses travaux sur les sédiments marins;

— 35.000fr au **Bureau des Longitudes**, pour l'exécution de calculs astronomiques entrepris à la suite d'une convention internationale;

— 20.000fr à M. **Maurice Lelubre**, collaborateur au service de la Carte géologique d'Algérie, pour ses voyages d'études dans le Hoggar et le Tibesti;

— 20.000fr à MM. **Jean Ribéreau-Gayon**, docteur ès sciences, et **Émile Peynaud**, ingénieur-docteur, pour leurs études sur la physiologie de la vigne, sur la fermentation alcoolique et les polyalcools.

— 14.000fr à M. **Jean Cournot**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour l'achat d'un pyromètre optique;

— 45.000fr à M. **Jean Lavollay**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour l'achat d'un appareil réfrigérateur.

— 12.000fr à Mlle **Suzanne Besson**, chef de travaux à la Faculté de pharmacie de Nancy, pour l'impression de son ouvrage intitulé : *Les cellules pigmentaires du tégument externe chez la Grenouille.*

— 12.000fr à l'**École Nationale Vétérinaire d'Alfort**, pour l'achat de livres étrangers;

— 12.000fr à l'**École Polytechnique**, pour sa Bibliothèque;

— 7.000fr à M. **Édouard Fischer**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour compléter l'achat de la collection malacologique de M. Maxime Denis par le Laboratoire de malacologie du Muséum;

— 5.000^{fr} à M. **Jacques Millot**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'achat de livres étrangers nécessaires aux travaux du Laboratoire d'anatomie comparée du Muséum;

— 10.000^{fr} à la **Société d'encouragement pour l'industrie nationale**, pour sa Bibliothèque. *Rapporteur :* M. A. LACROIX.

FONDATION Mme VICTOR NOURY. — Commissaires : MM. É. Cartan, L. Blaringhem, A. Lacroix, L. de Broglie, É. Borel, G. Bertrand.

Deux prix de 5.000^{fr} sont décernés :

— à M. **Georges Petit**, professeur à la Faculté des sciences de Marseille, pour ses travaux d'Ichtyologie et la part qu'il a prise à la réorganisation de la station marine d'Endoume et à la création du laboratoire pour l'étude biologique de la Camargue. *Rapporteur :* M. A. LACROIX;

— à M. **Adrien Questel**, industriel à la Guadeloupe, pour son ouvrage intitulé : *La flore de l'île de Saint-Barthélemy* (*Antilles françaises*) *et son origine. Rapporteur :* M. A. LACROIX.

FONDATION HENRY LE CHATELIER (10.000^{fr}). — Commissaires : MM. A. Lacroix, L. Lumière, L. de Broglie, R. Esnault-Pelterie, A. Portevin, P. Chevenard, R. Barthélemy.

Les arrérages de la fondation sont attribués à M. **René Faivre**, ingénieur chimiste, pour ses recherches sur les propriétés des alliages. *Rapporteur :* M. P. CHEVENARD.

FONDS DES LABORATOIRES. — Commissaires : MM. É. Cartan, L. Blaringhem, A. Lacroix, L. de Broglie, É. Borel, G. Bertrand, Ch. Mauguin.

Un prix de 5.000^{fr} est décerné à M. **Marcel Arnaud**, constructeur d'appareils de précision, pour les services exceptionnels qu'il a rendus à divers laboratoires. *Rapporteur :* M. CH. MAUGUIN.

FONDATION MILLET-RONSSIN (10.000^{fr}). — Commissaires : MM. A Lacroix, Ch. Jacob, Ch. Pérez, Ch. Mauguin, A. Chevalier, É. Roubaud, R. Souèges.

Un prix est décerné à M. **François Pellegrin**, maître de recherches du Centre national de la recherche scientifique, pour ses études sur les légumineuses et les méliacées. *Rapporteur :* M. A. CHEVALIER.

FONDATION VILLEMOT. — Commissaires : MM. É. Cartan, L. Blaringhem, A. Lacroix, L. de Broglie; H. Beghin, B. Lyot, D. Cot, J. Becquerel, P. Lebeau, F. Grandjean, A. Demolon, L. Fage, H. Hartmann, A. Pérard, R. Maire, P. Chevenard.

Les subventions suivantes sont accordées :

— 8.000^{fr} à M. **Paul Portier**, membre de l'Académie des sciences, pour l'impression de planches en couleurs destinées à son ouvrage sur la physiologie des lépidoptères;

— 10.000^{fr} à M. **René Souèges**, membre de l'Académie des sciences, pour contribuer à la publication de ses recherches d'embryogénie végétale;

— 20.000^{fr} à M. **Raoul Lecoq**, pharmacien-chef de l'Hôpital de Saint-Germain-en-Laye, pour ses recherches sur les avitaminoses et déséquilibres alimentaires;

— 20.000^{fr} à l'**Observatoire de Nice**, pour ses recherches sur les astéroïdes;

— 22.000^{fr} sont réservés pour être employés à faciliter l'établissement de clichés destinés à illustrer diverses publications scientifiques. *Rapporteur :* M. L. DE BROGLIE.

FONDATIONS SPÉCIALES.

PRIX HÉLÈNE HELBRONNER-FOULD (4.000fr). — Commissaires : MM. É. Cartan, L. Blaringhem, A. Lacroix, L. de Broglie; M. de Broglie, A. de Gramont, C. Gutton, J. Duclaux, G. Roussy, J. Jolly, A. Pérard, G. Ramon, L. Hackspill.

Le prix est décerné à Mme **Henri Abraham**, née **Madeleine Boris**, en mémoire des travaux de son mari, professeur de physique à la Faculté des sciences de Paris, déporté et assassiné par les Allemands. *Rapporteur :* M. C. Gutton.

FONDATION GIRBAL-BARAL. — Commissaires : MM. É. Cartan, L. Blaringhem, A. Lacroix, L. de Broglie; É. Borel, G. Bertrand.

Deux allocations de 10.000fr sont accordées :

— à M. **Laurent Schwartz**, maître de conférences à la Faculté des Sciences de Nancy ;

— à M. **François Ellenberger**, agrégé-préparateur à l'École Normale supérieure. *Rapporteur :* M. A. Lacroix.

LECTURE.

M. L. de Broglie, Secrétaire perpétuel, lit une Notice sur *La vie et l'œuvre de Charles Fabry*, Membre de l'Académie des Sciences.

A. Lx., L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 DÉCEMBRE 1946.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès, survenu le 19 décembre, à Paris, de M. **Paul Langevin**, Membre de la Section de Physique générale, et s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Nous avons eu la douleur de perdre jeudi dernier 19 décembre **Paul Langevin**, Membre de la Section de Physique générale depuis le 25 juin 1934. Avec lui disparaît une merveilleuse intelligence, un grand savant et un éminent professeur.

Né à Paris le 23 janvier 1872 d'une famille modeste, Paul Langevin entrait en 1888 le premier de sa promotion à l'École municipale de Physique et de Chimie de la Ville de Paris, où il se fait remarquer par ses brillantes qualités intellectuelles; il en sort le premier en 1891. L'année suivante il est reçu brillamment à la licence de Physique et, sur le conseil de ses maîtres, il prépare tout seul le concours d'entrée à l'École Normale supérieure. Il y est reçu le premier en 1894; agrégé de Physique à sa sortie de l'École en 1897, il va passer un an, muni d'une bourse de la Ville de Paris, au laboratoire Cavendish à Cambridge. Il trouve là un milieu vivant auquel J. J. Thomson communiquait son ardeur. Il se lie d'une solide amitié avec Rutherford Townsend, Richardson, etc. De retour à Paris l'année suivante, tout en continuant la préparation de sa Thèse commencée à Cambridge, il commence à jouer le rôle de propagateur en France des plus récentes découvertes et des théories les plus difficiles issues de l'École de Cambridge, et l'on admire déjà l'art avec lequel il sait adapter ses exposés à la formation d'esprit de ses auditeurs. En 1902 il est nommé, dans la Chaire de Physique expérimentale du Collège de France, d'abord remplaçant, puis suppléant de Mascart, enfin titulaire de la chaire en 1909. Entre temps l'École de Physique et de Chimie, qui tenait à ne pas perdre le concours précieux de son ancien élève, le reprend comme professeur en 1905; en 1909 il est nommé directeur des études aux côtés du directeur

Haller; à la mort de ce dernier en 1925, il est lui-même nommé directeur de l'École; il y garde cette direction jusqu'à novembre 1940, époque à laquelle il est arrêté par la Gestapo et envoyé en résidence surveillée à Troyes, d'où il réussit à s'enfuir en Suisse en 1944, pour revenir en France après la libération. Il reprend alors la direction de l'École de Physique en même temps que la chaire de Physique expérimentale au Collège de France.

Paul Langevin joua pendant plus de vingt ans un rôle important dans les Conseils internationaux de Physique fondés par Solvay en 1911 et réunissant sous la présidence de Lorentz un grand nombre de physiciens éminents pour discuter entre eux des problèmes les plus récents et les plus difficiles de la Physique. Paul Langevin prit part à tous ces Congrès; il y montra de telles qualités d'intelligence rapide dans la confrontation des opinions diverses et parfois contradictoires émises en toutes langues, qu'à la mort de Lorentz en 1925 on fut unanime à décider que seul Paul Langevin était capable, par ses éminentes qualités intellectuelles, de succéder à Lorentz comme président des Congrès Solvay; c'est lui qui présida les Congrès suivants.

Il me serait bien difficile, sinon impossible, d'entrer dans le détail de l'œuvre scientifique de Paul Langevin. On peut dire qu'il n'est pas un seul des problèmes posés par la Physique depuis plus de quarante ans, où la clarté de son esprit, ses qualités expérimentales, sa connaissance approfondie des grandes théories physiques en même temps que de l'Analyse mathématique n'aient apporté la lumière et l'ordre là où régnaient auparavant l'obscurité et la confusion.

Ses premières recherches, commencées à Cambridge, sur l'ionisation des gaz par les rayons X, l'ont conduit à des résultats importants intéressant la physique moléculaire et la physique de l'atmosphère. C'est ainsi qu'il prouva l'existence dans l'atmosphère de deux sortes de nuages, les uns formés de grosses gouttes et situés dans la basse atmosphère, les autres formés de très petites gouttes et situés à plusieurs kilomètres au-dessus des premiers, enfin à une altitude beaucoup plus élevée dans l'atmosphère puissamment ionisée par la lumière ultra-violette, des ions très nombreux forment une couche de haute conductibilité électrique connue sous le nom de couche d'Heaviside.

En 1905 paraît un Mémoire célèbre de Paul Langevin sur le magnétisme induit, où il montre que les atomes possèdent des propriétés diamagnétiques. L'œuvre de Pierre Weiss et de ses collaborateurs qui conduisit à la notion du magnéton est une magnifique illustration de l'importance expérimentale des résultats théoriques de Paul Langevin. C'est aussi du même Mémoire de 1905 que découlent les méthodes qui ont permis au laboratoire de Leyde d'atteindre les plus basses températures connues, descendant à quelques dixièmes de degré au-dessous du zéro absolu.

Paul Langevin est bien connu par ses travaux sur la relativité restreinte et générale qu'il contribua puissamment à faire connaître. Il avait eu avant

Einstein la notion de l'inertie de l'énergie. Il montra d'une manière simple que l'inertie de la masse entraîne la dynamique newtonienne classique, l'inertie de l'énergie entraînant la dynamique relativiste. Cette dernière hypothèse lève la difficulté qui depuis un siècle avait masqué l'unité de la matière. Chaque atome peut être maintenant regardé comme résultant de la condensation d'un nombre entier d'atomes d'hydrogène, mais avec perte d'énergie due à cette condensation. La création de la bombe atomique est une illustration éclatante de l'inertie de l'énergie, mais elle a demandé l'effort et la collaboration de nombreux physiciens. Du reste Paul Langevin avait été nommé récemment conseiller technique de la Commission de l'énergie atomique, dont notre Confrère Frédéric Joliot est le haut commissaire.

Je signalerai encore l'utilisation par Paul Langevin des ultrasons, c'est-à-dire des sons inaudibles, pour la détection des sous-marins. La mise au point de cette application demanda un travail considérable où fut utilisée la piézo-électricité du quartz. Ce travail est un modèle achevé d'études théoriques et de réalisations techniques qui a rendu d'immenses services pendant la guerre 1914-1918. Dans le même ordre d'idées, il y aurait lieu de signaler la collaboration de Paul Langevin avec l'Office des Inventions pendant la même guerre et les progrès qu'il fit faire aux problèmes intéressant l'artillerie.

Paul Langevin était un professeur et un animateur incomparable; plusieurs de ses élèves sont devenus des maîtres. Comme directeur de l'École de Physique et de Chimie, il a constamment veillé à maintenir dans cette École à la fois un enseignement théorique de degré supérieur et un enseignement pratique complet; il ne faut donc pas s'étonner qu'elle ait produit de grands savants, parmi lesquels je me contenterai de citer notre Confrère Frédéric Joliot que j'ai eu l'honneur d'avoir comme élève à l'École de Physique. Depuis la Libération Paul Langevin s'est beaucoup occupé de la réforme de l'enseignement; il avait toujours pensé qu'une éducation complète ne devait pas séparer la science d'avec les humanités.

A côté du savant et du professeur, nous ne pouvons pas oublier l'homme à qui, suivant la parole du poète latin, rien de ce qui est humain n'était étranger. Toutes les fois qu'on faisait appel à son concours pour une œuvre quelconque de générosité humaine, il y consacrait sans hésiter toute son activité. Il ne concevait pas qu'un savant vécût dans sa tour d'ivoire; pour lui, le savant devait, plus que tout autre, s'intéresser aux questions sociales. Pour lui, la bonté et la justice étaient les deux vertus cardinales de l'homme; mais dans sa vie il y joignait la générosité.

La vie n'avait pas épargné Paul Langevin; son gendre, Jacques Solomon, avait été fusillé par les Allemands au Mont-Valérien. Sa fille, Hélène Solomon, avait été déportée à Auschwitz d'où elle revint heureusement en bonne santé après la Libération.

A l'Académie nous avons tous admiré, dans nos Comités secrets, la clarté des rapports qu'il avait à faire sur les titres de tel ou tel candidat; il savait mettre dans un relief saisissant l'essentiel des travaux dont il avait à rendre compte. Nous ne pourrons oublier le savant que nous venons de perdre et, dans le savant, l'homme dont nous admirions et aimions la bonté et la générosité rayonnantes. En votre nom à tous, j'adresse à Madame Langevin et à sa famille notre hommage ému et respectueux.

M. le **Président** annonce à l'Académie que, par suite des difficultés de chauffage, la séance du lundi 30 décembre sera supprimée, la prochaine séance aura donc lieu le lundi 6 janvier.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture des télégrammes suivants :

Bruxelles, le 20 décembre 1946.

Appris douloureuse émotion décès illustre Professeur Langevin qu'avions honneur compter parmi docteurs Honoris Causa Faculté des Sciences. Prions recevoir expression sentiments affliction. Recteur Université Libre de Bruxelles.

Moscou, le 20 décembre 1946.

Académie Sciences U. R. S. S. pleure avec vous la perte irréparable de son Membre honoraire Paul Langevin, le grand Physicien et l'homme au grand cœur dont l'œuvre scientifique et l'action civique peuvent servir d'exemple aux chercheurs de tous les pays et adresse aux Savants de la France ses condoléances émues. Serge Vavilov, Président Académie Sciences U. R. S. S., Nicolas Brouyevitch, Secrétaire général Académie Sciences U. R. S. S.

Rome, le 21 décembre 1946.

Academia Lincei partecipa lutto Academie des Sciences morte illustre Fisico Langevin che onorava come Socio Straniero nostra Societa. Il Presidente : Castelnuovo.

Moscou, le 21 décembre 1946.

Veuillez recevoir expression de ma profonde douleur à cause de la mort de célèbre Physicien Paul Langevin, dont l'œuvre et la vie symbolisent le Génie et le grand cœur immortels de la France. Serge Bernstein.

Bruxelles, le 20 décembre 1946.

Avons appris avec émotion décès Professeur Langevin, vous présentons profondes condoléances et nous associons de tout cœur au deuil ressenti par la Science française. Solvay.

Princeton, le 20 décembre 1946.

I wish to express my sorrow at the passing of M. Paul Langevin honored

teacher scientist and friend, with him the world loses a pioneer who has left an endelible mark in the evolution of physics, a man whose first concern was the welfare of his fellows, he will live on in the hearts and minds of all who knew him, his life will be an example to future generations. Vladimir K. Zworykin.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Interprétation métallographique de l'instabilité des ferronickels réversibles.* Note [1] de M. **Pierre Chevenard**.

Les patientes recherches de Ch.-Ed. Guillaume sur l'instabilité des ferronickels réversibles [2] ont mis en évidence le rôle essentiel du carbone, toujours présent dans les produits sidérugiques : 0,07 à 0,15 % dans les ferronickels appelés *binaires* préparés avant 1910. Après avoir choisi comme *indice d'instabilité* le changement de longueur d'un barreau après 100 heures d'étuvage à 100°, il en a étudié la variation avec la composition et avec les traitements. Pour un état donné : naturel (brut de laminage), recuit ou trempé, et pour une proportion donnée de carbone, la courbe de l'indice s'élève à partir de 27 % Ni, frontière des alliages réversibles, passe par un maximum sensiblement à l'aplomb de la dilatabilité minima, redescend, coupe l'axe des abscisses à 43 % Ni, atteint un minimum vers 54 %, puis se rapproche de l'axe dont elle s'écarte peu à partir de 70 % Ni. L'ordonnée du maximum est quasi proportionnelle à la teneur en carbone.

Les données métallographiques acquises il y a vingt ans sur les austénites complexes étaient insuffisantes pour permettre à Guillaume d'élucider les réactions physicochimiques, causes de l'instabilité. On ne peut retenir, en effet, le rapprochement qu'il a suggéré, d'ailleurs sans insister, avec l'anomalie dilatométrique liée à la transformation magnétique de la cémentite à 210°. Je me propose, à la lumière des résultats obtenus depuis peu à Imphy, d'avancer une interprétation métallographique de l'instabilité.

On est tenté d'attribuer ce phénomène à une lente précipitation d'un constituant carburé, graphite ou cémentite qui, dissous lors du chauffage, demeure partiellement en solution après refroidissement rapide. Il a été trouvé, en effet, que l'état naturel de laminage est en réalité partiellement hypertrempé, de même que l'état *recuit* étudié par Guillaume. Mais alors, puisque la dissolution du graphite ou de la cémentite dans une austénite quelconque, contenant du nickel ou non, est toujours accompagnée d'expansion, pourquoi la lente destruction de l'état sursaturé n'entraîne-t-elle pas une contraction dans tous les cas ? A quoi est dû l'allongement spontané de l'invar et pourquoi l'amplitude et le signe de l'instabilité varient-ils avec la teneur en nickel ?

(1) Séance du 2 décembre 1946.

(2) *Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*, **17**, 1927.

Rappelons d'abord les conclusions d'anciennes recherches ([1]) sur le revenu d'un acier carbone-manganèse [C 1,50; Mn 2,05 %] obtenu à l'état d'austénite pure par hypertrempe à 1180° dans l'eau. L'étude dilatométrique et thermomagnétique en conditions isothermes a révélé deux étapes du revenu. Dès la température ordinaire, on enregistre une contraction, très lente à froid, relativement rapide à 100° et qui survient tout entière durant la chauffe dès qu'on dépasse 175°. La contraction totale atteint -110.10^{-6}. Elle s'accompagne de la précipitation d'une cémentite complexe invisible au microscope, mais identifiée par ses anomalies dilatométrique et thermomagnétique et qui, d'après son point de Curie situé à 130°, contient 3,5 % Mn environ. Vers 240°, commence la deuxième étape. On note d'abord une séparation de cémentite. distincte de la première par son point de Curie plus élevé 175°, donc par sa teneur en manganèse : 1,5 %. Puis, l'austénite, appauvrie en carbone et en manganèse, subit une transformation $\gamma \rightarrow \alpha$ partielle avec forte expansion. L'allure des courbes dilatation-temps enregistrées à température constante montre clairement la succession de ces deux phénomènes.

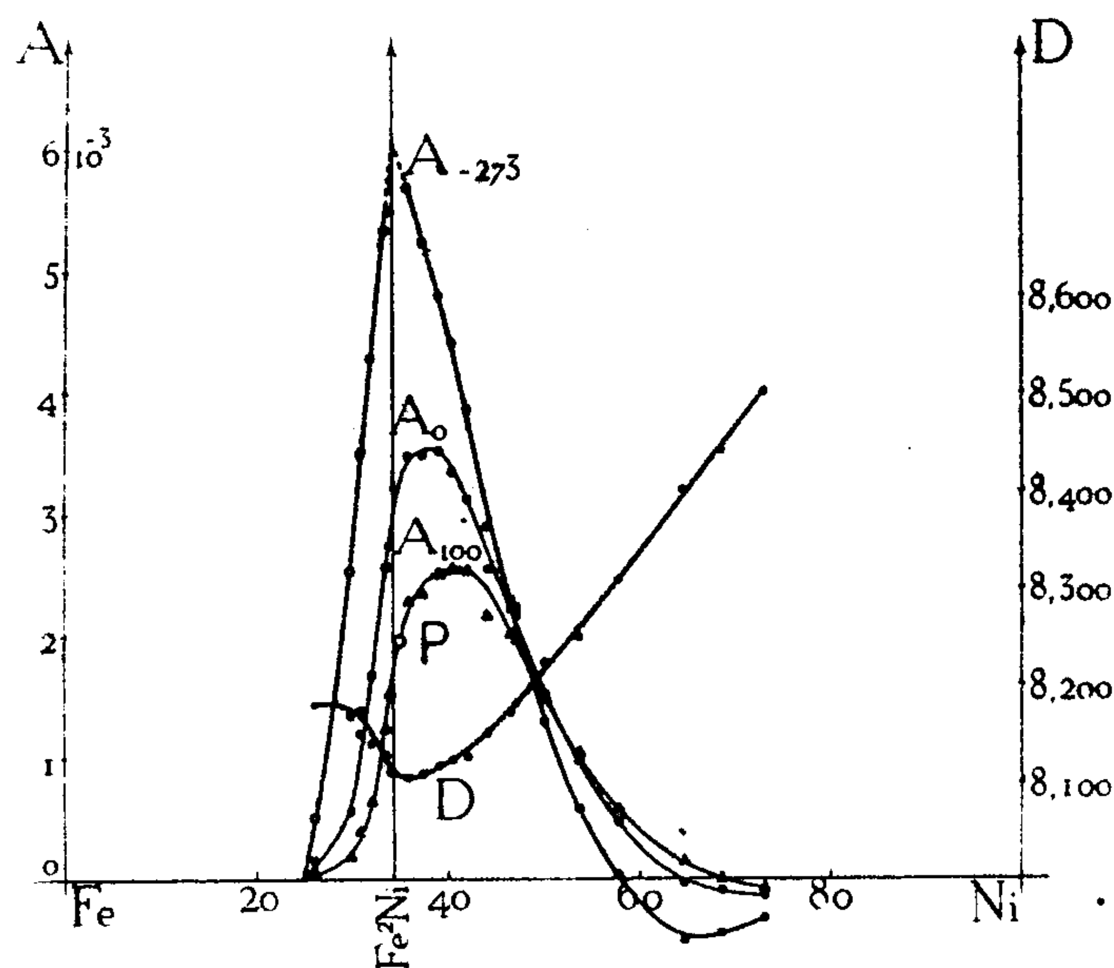
Les mêmes techniques d'essai appliquées à un ferronickel carburé [C 0,78; Ni 34,8; Mn 0,45 %], hypertrempé à 1100° dans l'eau, ont également montré deux étapes du revenu. Pendant la seconde, qui s'amorce un peu au delà de 300°, il se précipite du graphite, la dureté diminue et l'on note une forte contraction. Quant aux phénomènes de la première étape, localisés entre la température ambiante et 175°, ils ont pour effet global une *expansion*. L'amplitude, égale à 210.10^{-6}, est supérieure d'un tiers au chiffre calculé pour 0,78 % C, à partir des résultats de Guillaume obtenus au-dessous de 0,4 %. Mais l'écart s'explique suffisamment par l'inégale vivacité de l'hypertrempe, totale dans mes expériences, seulement partielle pour les barres à l'état naturel. L'expansion de la première étape s'identifie, sans doute possible, avec le phénomène étudié par Guillaume.

Or, sur les courbes allongement-temps, enregistrées au microdilatomètre isotherme entre 25° et 150°, on voit une *contraction précéder l'expansion*, ce qui d'ailleurs confirme une observation de Guillaume. Il est dès lors plausible d'attribuer cette contraction à une précipitation de cémentite, favorisée sans doute par la petite quantité de manganèse contenue dans l'alliage, et qui, *soustrayant du fer au ferronickel*, en diminue la densité (voir la baisse sur la courbe de la densité D entre 27 et 36 % Ni). Cette cémentite, trop fine pour être visible au microscope, ne peut apparaître non plus sur les courbes dilatométriques et thermomagnétiques, ses anomalies caractéristiques étant noyées dans les anomalies beaucoup plus intenses du ferronickel. Mais une preuve indirecte va en être fournie, car l'hypothèse de la soustraction de fer permet

([1]) P. Chevenard et A. Portevin, *Revue de Métallurgie*, **28**, 1931, p. 417.

d'interpréter les observations de Guillaume sur les changements de l'instabilité avec la teneur en nickel.

Dans une Note déjà ancienne ([1]), j'ai montré comment on peut évaluer l'amplitude A de la condensation anomale liée à la transformation thermomagnétique d'un ferronickel, en rapprochant la courbe dilatométrique expérimentale d'une courbe normale confondue avec la première au delà du point de Curie. La figure ci-jointe représente, en fonction de la teneur en nickel, la variation de l'anomalie A, au zéro absolu, au zéro centigrade et à 100°.



Considérons la courbe A_{100}, tracée pour la température de l'étuvage adoptée par Guillaume, et soit P le point figuratif d'un alliage, d'un invar par exemple. Si de la cémentite se précipite, la soustraction de fer déplace le point P vers la droite c'est-à-dire vers le sommet, l'anomalie A augmente et une expansion se manifeste. Selon cette interprétation, *l'amplitude de l'instabilité doit être proportionnelle à la dérivée de la fonction* A_{100} : or telle est bien l'allure des résultats trouvés par Guillaume. Sans doute, l'abscisse de l'inflexion 34 % Ni et celle du sommet 41,5 % sont-elles un peu inférieures à celles du maximum 35 % et du point d'inversion 43 % de l'instabilité; mais les écarts s'expliquent si l'on observe que la précipitation de cémentite soustrait à l'alliage, outre le fer, du carbone et du manganèse qui agissent sur l'anomalie A.

Il reste enfin à interpréter les deux étapes du revenu séparées, sur l'échelle

([1]) *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 594.

des températures, par un intervalle d'inactivité. Il est probable que la configuration désordonnée des atomes de Fe, Ni, Mn, C dans la solution austénitique hypertrempée est, par hasard, propice en quelques points à leur arrangement selon l'édifice Fe_3C ou $(Fe, Mn)_3C$. Mais ces points sont rares et la réaction s'arrête vite, car la diffusion est extraordinairement lente aux basses températures. La précipitation ne peut reprendre qu'à une température assez élevée pour permettre une migration des atomes dans le réseau de l'alliage.

Les corollaires pratiques sont aisés à déduire. Pour supprimer l'instabilité des ferronickels utilisés en métrologie, on superposera trois précautions : proscrire le plus possible le carbone (moins de 0,05 %); stabiliser le peu qu'on doit tolérer par une addition (titane, vanadium), capable de retarder la mise en solution de la cémentite au chauffage; enfin traiter les pièces finies de manière à provoquer, avant l'emploi, toute précipitation qui aurait tendance à se produire.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'excrétion d'ammoniac par le système radiculaire des légumineuses.* Note de MM. **Albert Demolon** et **Antoine Dunez.**

La possibilité d'excrétion d'azote, sous forme d'ammoniac, par les racines des végétaux supérieurs dans les cultures en solution, en dehors de toute nécrose des tissus, a été établie par Prianischnikoff(¹), après avoir été longtemps méconnue ou contestée. Elle s'observe quand l'afflux d'azote minéral est trop abondant pour que celui-ci puisse être complètement utilisé par la plante à la synthèse de ses protides. La question présente un intérêt tout particulier dans les cas des légumineuses, dont le système radiculaire est le siège d'une fixation d'azote gazeux plus ou moins intense dans les nodosités. Rappelons à cet égard que, si l'association légumineuses + graminées se traduit généralement pour ces dernières par un gain d'azote, les recherches destinées à mettre en évidence l'excrétion d'azote dans des cultures sur sable quartzeux [A. I. Virtanen (²) et P. W. Wilson (³)] ont donné lieu à des résultats contradictoires; ce fait paraît dû aux conditions mêmes dans lesquelles ont été réalisées les expériences.

Nos propres recherches ont été effectuées suivant une technique très différente, permettant de mettre directement en évidence tout dégagement éventuel d'ammoniac par la plante. Les diverses légumineuses étaient cultivées en vases et en milieu sableux stérilisé avec ou sans inoculation, de manière à obtenir des plantes normales bien pourvues ou complètement exemptes de nodosités

(¹) *Ann. Agron.*, 8, 1938, p. 690.

(²) *Ann. Éc. Sup. Agric.*, Suède, 5, 1938, p. 429.

(³) *Jour. Agric. Sc.*, 38, 1938, p. 307 et *Third Commission I.S.S.S.*, 1939, Partie B. p. 13.

actives. A divers stades de leur développement, ces plantes ont été extraites avec précaution en s'aidant d'un courant d'eau pour éviter tout traumatisme et obtenir le système radiculaire intact. La plante, entière ou coupée au collet, était alors enchassée dans un flacon A de 500^{cm^3} à goulot large, les racines se trouvant à l'intérieur du flacon et les parties aériennes à l'extérieur. Le flacon, rendu hermétique et garni de papier noir opaque, était balayé par un courant d'air soigneusement débarrassé de toute trace de CO_2 et de NH_3. Des absorbeurs à plaque de verre poreux assuraient la fixation de ces deux corps présents dans l'air sortant du flacon; NH_3 était titré par nesslérisation et CO_2 volumétriquement en présence de $BaCl_2$. Les expériences, poursuivies à la température de 15-16°, ont été limitées à une durée de 8 à 12 heures et arrêtées avant tout flétrissement. D'autre part, chaque expérience comportait toujours deux plantes montées en parallèle, aussi comparables que possible au point de vue de leur développement, mais dont l'une, complètement exempte de nodosités, constituait un témoin. Voici quelques résultats ainsi obtenus :

		$NH_3(\gamma)$.	CO_2(mg).	$\frac{NH_3 \times 1000}{CO_2}$.
Soja :				
	Témoin sans nodosités	0	33,5	–
Plantes avec nodosités	Au soleil	25	35,5	0,9
	A l'ombre	30	–	–
	Système radiculaire seul	39	–	–
	Nodosités isolées	30	13,0	4,0
Luzerne :				
	Témoin sans nodosités	0	30	–
Plantes avec nodosités	Au soleil	26	32,5	0,8
	A l'ombre	31		–
	Système radiculaire seul	38	–	–
	Nodosités isolées	30	8,4	3,6

Toutes les légumineuses se sont comportées de façon identique. Dans les conditions décrites, et dès le début de leur développement, on observe un dégagement immédiat de NH_3 ayant pour origine les nodosités et inexistant en leur absence. Ce dégagement augmente quand la photosynthèse est ralentie par ombrage, lorsque la croissance est supprimée par excision de l'appareil foliacé ou lorsqu'on opère sur les nodosités séparées de la plante ([4]). Il diminue quand la fonction symbiotique est ralentie du fait de germes peu efficaces.

Nos expériences démontrent la possibilité d'une excrétion d'ammoniac par les nodosités en place, lorsqu'une symbiose active détermine un afflux d'azote dépassant la possibilité d'utilisation par la plante par transformation en composés amidés. Ce phénomène ne saurait être confondu avec celui qui

([4]) Dégagement déjà constaté par S. et H. Winogradsky, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 209.

s'observe dans des tissus en voie de dépérissement; il est imputable à un déséquilibre nutritif par pléthore.

La quantité maxima trouvée ne représente qu'une faible fraction de l'azote fixé, soit quelques kilos par hectare pour la période végétation; sans être négligeable, elle ne saurait rendre compte à elle seule du gain d'azote parfois important mais irrégulier, qui s'observe au profit des graminées cultivées en association avec des légumineuses. Mais en mettant en évidence l'existence de phénomènes d'excrétion, et leur modalité, nos observations fournissent un argument à l'appui des expériences récentes, dans lesquelles l'élimination d'aminoacides a pu être mise en évidence. Elles montrent que cette excrétion présente un caractère contingent; elle est directement fonction, à la fois, de l'activité fort variable de la fixation symbiotique et de la vitesse d'assimilation de la plante. En pratique, elle apparaît comme un des facteurs de l'enrichissement des sols en azote par la culture des légumineuses, mais pour une part qui paraît relativement faible.

Signalons enfin que la présence de nodosités ne s'accompagne que d'une faible augmentation de la quantité de CO_2 dégagé par le système radiculaire. Ceci indique :

1° que la fixation n'entraîne qu'une dépense énergétique faible sous forme de glucides.

2° que l'accroissement de CO_2 émis par les sols portant des légumineuses doit être attribué moins à la respiration des racines qu'à une activité microbienne accrue dans la rhizosphère par des résidus organiques provenant de la plante.

MICROBIOLOGIE. — *De l'influence des sérums normaux sur les propriétés antidotiques des filtrats de culture de* Penicillium notatum *à l'égard des toxines staphylococcique et diphtérique.* Note de MM. **Gaston Ramon** et **Rémy Richou**.

Dans des Communications précédentes ([1]), nous avons mis en évidence dans les filtrats de culture du *B. subtilis* et de *Penicillium notatum*, des propriétés *antidotiques* que nous avons dénommées ainsi pour désigner le pouvoir que possèdent ces filtrats d'altérer et de détruire, dans les conditions que nous avons précisées, les poisons bactériens tels que les toxines staphylococcique, diphtérique etc.

Diverses observations nous ont amenés à considérer, jusqu'à plus ample imformé, les propriétés *antidotiques* comme étant de nature enzymatique.

Or, on sait, depuis longtemps déjà, que certaines protéases, d'origine micro-

---

([1]) *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 543 et 801; **221**, 1945, pp, 213 et 271; **222**, 1946, p. 621.

bienne par exemple, peuvent être annihilées dans leurs effets par les sérums normaux de différentes espèces animales. Nous avons nous-mêmes montré, au cours de ces dernières années ([2]), que les sérums de Cheval, de Bœuf, de Mouton, de même que les sérums humains ont le pouvoir d'empêcher la gélatinolyse que la gélatinase du *B. subtilis* est capable de produire lorsqu'elle agit, hors de leur présence. Ce pouvoir empêchant relève d'un principe inné, constituant normal des sérums, auquel nous avons donné le nom de *principe antizymique*. D'autre part, nous avons établi que certains sérums recèlent des *antiferments* capables de s'opposer d'une façon rigoureusement spécifique à des diastases telles que la gélatinase tétanique. Il s'agit d'un véritable anticorps qui peut apparaître naturellement dans certains organismes, par exemple chez les Bovidés en ce qui concerne l'antigélatinase tétanique, sous l'influence d'un antigène qui n'est autre que le ferment lui-même pénétrant dans ces organismes par la voie digestive ([3]). Ce même antiferment, ce même anticorps peut d'ailleurs être développé *artificiellement* par l'injection du ferment ou de l'anaferment (l'anagélatinase tétanique) de même manière que se développe l'antitoxine tétanique sous l'effet de l'immunisation au moyen de l'anatoxine ([4]).

Nous référant aux constatations que nous venons de rappeler succinctement, il nous a paru intéressant, à différents points de vue, de rechercher comment se comportent les propriétés antidotiques mises en évidence dans les filtrats de *Penicillium notatum* (propriétés qui, répétons-le, s'apparentent à celles des diastases), lorsque l'on soumet ces filtrats à l'influence du sérum sanguin d'origine humaine ou fourni par diverses espèces animales.

Dans plusieurs séries d'expériences nous avons donc fait agir, dans des conditions variées, des filtrats de *Penicillium notatum* doués d'un pouvoir antidotique préalablement évalué et plus ou moins fort, sur la toxine staphylococcique et sur la toxine diphtérique respectivement, en présence soit de sérum de Lapin, soit de sérum de Cobaye, soit de sérum humain.

([2]) *Ibid.*, **218**, 1944, p. 695.

([3]) Nous avons fait connaître jadis que, par le même mécanisme, les Ruminants peuvent acquérir *spontanément* l'immunité antitétanique, et recéler ainsi dans leur sérum des quantités relativement importantes d'antitoxine tétanique due à l'introduction dans leur économie de toxine spécifique élaborée dans les réservoirs digestifs par des germes du tétanos apportés là par les aliments; cette toxine étant plus ou moins modifiée par l'action, précisément, des principes antidotiques fournis par d'autres microbes, le *B. subtilis* en particulier. Il est intéressant de noter encore, ici, l'enchaînement de ces divers phénomènes de la vie microbienne et leur répercussion les uns sur les autres et sur les phénomènes d'immunité (voir à ce propos *Revue d'Immunologie*, **9**, 1944-1945, p. 161, et antérieurement **1**, 1935, p. 225.

([4]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 253; **219**, 1944, p. 233

On trouvera les détails de ces expériences et de leurs résultats exposés dans d'autres Recueils ([5]).

De l'ensemble de nos expériences, il ressort que le sérum de Lapin ajouté au filtrat de *Penicillium notatum*, soit avant, soit après l'addition de toxine staphylococcique, annihile totalement ses propriétés antidotiques à l'égard de cette toxine. Dans des conditions expérimentales identiques, le sérum de Cobaye et le sérum humain n'empêchent pas l'action antidotique du même filtrat, ils la retardent seulement; la destruction de la toxine staphylococcique par un filtrat donné de penicillium qui est complète en six heures (à la température de 37°) ne l'est qu'au bout de vingt-quatre heures, lorsque l'on fait intervenir le sérum de Cobaye ou le sérum humain.

A l'égard de la toxine diphtérique, si l'effet antidotique du filtrat de penicillium n'est pas entièrement entravé par la présence du sérum et en particulier du sérum humain, il ne s'exerce qu'avec une extrême lenteur et, au bout de huit jours, limite de nos observations, on constate encore la présence d'un reliquat plus ou moins important de toxicité.

Des expériences actuellement en cours, calquées sur les précédentes et effectuées cette fois à l'aide de filtrats de culture d'*Actinomyces griseus* (d'où Waksmann et ses collaborateurs ont tiré récemment une substance antibiotique nouvelle, la streptomycine), nous conduisent présentement à des constatations analogues pour ce qui a trait à l'influence des sérums et spécialement du sérum humain sur le pouvoir antidotique de ces filtrats vis-à-vis des poisons staphylococcique et diphtérique.

Ainsi, en gros et pour nous résumer, on peut dire que si le sérum humain ralentit quelque peu l'action antidotique, sur la toxine staphylococcique, du filtrat de *Pénicillium notatum*, il ne réussit pas à l'empêcher. Par contre, il réduit très fortement l'action de ces filtrats sur la toxine diphtérique, au point qu'elle ne s'exerce qu'avec un retard considérable et qu'elle demeure incomplète, même après un temps très long.

L'interprétation de ces faits ne peut être envisagée qu'en tenant compte de la constitution chimique complexe des sérums et de la pluralité des principes antidotiques, antibiotiques ou autres, qui entrent dans la composition des filtrats de culture des germes tels que le *B. subtilis*, le *Pénicillium notatum*, etc.

Il importe donc, pour tâcher de tirer au clair cette question, de se livrer d'une part, à l'extraction, sous une forme aussi pure et aussi active que possible, des différents principes antidotiques que renferment ces filtrats et, d'autre part, au fractionnement des sérums en leurs constituants, afin d'étudier l'influence respective de chacune de ces fractions sur les principes antidotiques ainsi

---

([5]) Voir spécialement *Revue d'Immunologie et de Thér. antimicrob.*, **10**, 1946 (sous presse).

isolés. En raison de circonstances indépendantes de notre volonté et faute de moyens nous n'avons pu jusqu'ici mettre en chantier de telles opérations.

Il faut ajouter que la possession de principes antidotiques à l'état purifié et concentré, extraits des filtrats de culture de *B. subtilis*, de *Penicillium notatum*, d'*Actinomyces griseus*, comme sont extraites de ces mêmes filtrats les substances antibiotiques : subtiline, pénicilline, streptomycine etc., permettrait d'entreprendre, du point de vue thérapeutique, des essais d'un intérêt indéniable, capables de nous fixer sur la valeur de ces principes.

MÉCANIQUE. — *Sur le sens de la vitesse moyenne de précession du gyroscope.* Note de M. **René Thiry**.

Dans l'étude du mouvement d'un corps pesant de révolution suspendu par un point de son axe (problème de Lagrange), il est bien connu que, dans le cas où la vitesse de précession change de signe au cours du mouvement, sa valeur moyenne est du même signe que sa valeur instantanée correspondant à un maximum en valeur absolue de l'angle de nutation.

Différentes démonstrations ont été données de cette propriété, mais toutes, à ma connaissance, sont de nature algébrique. Halphen en a donné une, basée sur la théorie des fonctions elliptiques, M. Hadamard une autre, basée sur le théorème des résidus; enfin, dans le Cours de Mécanique de l'École Polytechnique de Painlevé, se trouve une démonstration plus élémentaire due à M. Métral. On trouvera peut-être quelque intérêt à la démonstration suivante qui, en plus de son extrême simplicité, présente l'avantage d'être basée sur des considérations purement mécaniques.

Nous emploierons les notations du traité de P. Appell, classiques en France sur cette question.

Il est toujours possible de supposer que la composante r_0 de la rotation instantanée du corps sur son axe de révolution Oz est positive, et cela en changeant au besoin le sens d'orientation de l'espace. Nous admettrons de plus que l'axe Oz ne passe jamais par la verticale (les cas où il n'en serait pas ainsi seront considérés comme des cas limites du cas général). Grâce à une orientation convenable de la ligne des nœuds, nous pourrons admettre que θ restera compris entre o et π.

Ceci posé, la vitesse instantanée de précession a pour valeur

$$\psi' = \frac{\beta - b r_0 u}{1 - u^2};$$

puisque nous sommes dans le cas où elle est susceptible de changer de signe, on aura

$$u_1 < \frac{\beta}{b r_0} < u_2.$$

Soit alors OJ l'axe horizontal directement perpendiculaire à l'axe OI porté par la ligne des nœuds; un calcul tout élémentaire donne pour les composantes suivant ces deux axes du vecteur moment cinétique $\overrightarrow{O\sigma}$ par rapport à O les valeurs suivantes

$$\sigma_1 = A\theta',$$
$$\sigma_J = A\psi' \sin\theta \cos\theta - Cr_0 \sin\theta = A \sin\theta[\psi' \cos\theta - br_0].$$

σ_J est donc du signe de $\psi' u - br_0$, c'est-à-dire, en remplaçant ψ' par sa valeur, du signe de $\beta u - br_0$. Or cette expression est négative, puisque nous sommes dans un cas où $br_0 > |\beta|$.

σ_J est donc essentiellement négatif.

D'autre part la résultante du poids, appliquée en G, perce l'axe OJ sur sa partie négative, et le moment de la pesanteur par rapport à O est orienté dans le sens de l'axe OI. On en déduit immédiatement, d'après le théorème du moment cinétique, que le plan contenant la verticale de O et le vecteur $\overrightarrow{O\sigma}$ tourne autour de cette verticale toujours dans le sens positif.

Or le plan passant par la verticale de O et le point G coïncide avec le plan précédent chaque fois que G passe sur les parallèles limites, puisqu'à ces instants on a $\sigma_1 = 0$. Il s'ensuit qu'entre deux contacts successifs avec ces parallèles l'angle de précession a subi un accroissement positif, c'est-à-dire du signe de la vitesse instantanée de précession sur le parallèle inférieur (correspondant à $u = u_1$, c'est-à-dire à un maximum de θ).

C'est précisément ce que nous voulions démontrer.

M. **Auguste Chevalier** fait hommage d'un Ouvrage qu'il vient de publier, en collaboration avec M. **Jean Leroy**, *Les Fruits coloniaux*.

NOMINATIONS.

MM. **L. de Broglie**, **A. Cotton**, **F. Joliot**, **Edmond Bauer**, **Pierre Fleury** sont désignés pour représenter la France à l'Assemblée générale de l'*Union internationale de Physique pure et appliquée* qui doit avoir lieu à Paris, du 3 au 6 janvier 1947.

CORRESPONDANCE.

M. **Thomas Wallace**, élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale, adresse des remercîments à l'Académie.

M[lles] **Simonne Caillère**, **Yvette Cauchois**, **Jeanne Lévy**, **Denise Quivy**; MM. **Jean-Lucien Andrieux**, **Marcel Arnaud**, **Jules Baillaud**, **Henri Bizette**, **Jean Bosler**, **Joseph Bougault**, **Georges Bourion**, **Maurice**

Cancelloni, Jean Capelle, Claude Chabauty, Georges Champetier, Pierre Chatelain, Antoine Colombani, Jean Colonge, François Croze, Henri Dubois-Ferrière, Jacques Dufresnoy, Daniel Dugué, Pierre Dumard, Georges Fanjeaux, Paul Fleury, René Fortrat, Richard Fosse, Maurice Fréchet, Raymond Gaume, Henri Gaussen, Paul Gentil, Jean Giaja, Albert Goris, Raoul Goudey, Henri Guiter, Lucien Guyot, Victor Hasenfratz, Paul Hauduroy, Jean Herbin, Alain Horeau, Maurice-Marie Janot, Raymond Jouaust, Raymond Kehl, Antoine Lacassagne, Henry Lanoy, Martial Lapladd, Arnold Lassieur, Jean Lavollay, René Leduc, Jean Lenègre, Henri Lhote, Osée Marcus, René Martin, Victor Maitre, Théodore Monod, Jan Oort, Jean Ortusi, Henri Perrier de La Bâthie, Daniel Petit-Dutaillis, Henri Piéron, Maurice Pilod, Raymond Quelet, Rémy Richou, Jean Roger, Maurice Roy, Laurent Schwartz, Félix-Martial Taboury, Jean-Jacques Trillat, Jacques Valensi, Albert Vandel adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

Mme Vve **Henri Abraham** adresse des remercîments pour la distinction qui lui a été accordée en mémoire de son mari.

Mme **Charles Goll-Bataille** adresse des remercîments pour la distinction accordée à son Père, **Frédéric Bataille**.

Mlle **Suzanne Besson**, MM. **Jean Cournot**, le Directeur de l'**École nationale vétérinaire d'Alfort**, **René Faivre**, **Claude Francis-Bœuf**, **Raoul Lecoq**, **Adolphe Pacault**, **Paul Portier**, **Jean Ribéreau-Gayon**, le Président de la **Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées pour leurs recherches ou leurs Bibliothèques.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Morale de savants, d'Hippocrate à Einstein, pages choisies*, par **Jean Pelseneer**;

2° *Contributions à la lithologie*, par A. L. **Yanschine** (en langue russe).

ALGÈBRE. — *Anneaux réguliers, avec ou sans diviseurs de zéro.* Note (¹) de M. **Léonce Lesieur**, présentée par M. Élie Cartan.

Rappelons la définition d'un anneau $\square$ régulier à droite donnée par O. Ore (²).

1° l'anneau $\square$ est sans diviseur de zéro;

(¹) Séance du 18 novembre 1946.

(²) *Annals of Math.*, **32**, 1931, p. 463.

2° deux éléments non nuls de $\square$ ont toujours un multiple commun à droite, différent de zéro.

Je propose une définition plus générale, qui n'exclut pas les diviseurs de zéro tout en conservant les propriétés essentielles des anneaux réguliers, et qui ne perd pas de sa vigueur quand on passe de l'anneau $\square$ à l'anneau $\square'$ des matrices carrées d'ordre n sur $\square$ [3].

I. Nouvelle définition d'un anneau régulier a droite. — Appelons couple *non singulier* à droite l'ensemble de deux éléments $\begin{pmatrix}\alpha\\ \alpha'\end{pmatrix}$ de $\square$ qui ne vérifient aucun système

$$\alpha u = 0, \qquad \alpha' u = 0 \qquad (u \neq 0).$$

Les deux couples $\begin{pmatrix}\alpha\\ \alpha'\end{pmatrix}$ et $\begin{pmatrix}\beta\\ \beta'\end{pmatrix}$ sont *linéairement indépendants* à droite, quand il n'existe aucun système

$$\left.\begin{array}{l}\alpha u + \beta v = 0\\ \alpha' u + \beta' v = 0\end{array}\right\} \qquad (u \text{ ou } v \neq 0).$$

Définition. — Un anneau $\square$ est régulier à droite quand :

1° deux éléments quelconques λ et μ de $\square$ vérifient au moins une relation

$$\lambda\alpha + \mu\alpha' = 0,$$

où le couple $\begin{pmatrix}\alpha\\ \alpha'\end{pmatrix}$ n'est pas singulier;

2° à tout couple $\begin{pmatrix}\alpha\\ \alpha'\end{pmatrix}$ non singulier on peut aussi associer au moins un couple $\begin{pmatrix}\beta\\ \beta'\end{pmatrix}$ tel que ces deux couples soient linéairement indépendants à droite.

On vérifie que :

Les anneaux réguliers à droite de Ore sont des anneaux réguliers à droite au sens précédent, donc aussi leurs cas particuliers : domaine d'intégrité, anneaux euclidiens, anneaux sans diviseur de zéro pour lesquels tout idéal à droite est principal. Qualifions de propre un anneau régulier sans diviseurs de zéro, et d'*impropre* un anneau régulier avec diviseur de zéro.

Nous supposons un élément unité dans $\square$ [4].

II. Forme normale d'une matrice carrée d'ordre n sur un anneau régulier a droite. — Un raisonnement par récurrence sur l'ordre n permet d'établir le

Théorème 1. — *On peut, en multipliant à droite par une matrice carrée* K *d'ordre n, non diviseur de zéro à gauche, ramener toute matrice* M *carrée,*

---

[3] Dans la définition de Ore l'anneau $\square'$ peut avoir des diviseurs de zéro, tandis que l'anneau $\square$ n'en a pas.

[4] Il suffit souvent de postuler l'existence d'un élément de $\square$ non diviseur de zéro à gauche.

d'ordre n, sur un anneau □ régulier à droite, à la forme normale de Hermite, n'ayant que des zéros au-dessus de la diagonale principale.

III. Application aux matrices d'ordre n sur □. — On déduit aisément du théorème 1 le

Théorème 2. — *L'anneau □' des matrices carrées d'ordre n sur un anneau □ régulier à droite, propre ou impropre, est lui-même un anneau régulier à droite.*

IV. Applications aux modules. — Soit le module E, à droite, de vecteurs sur □

$$x = \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_n \end{pmatrix}, \qquad \alpha_i \in \square \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

Dans le cas où l'anneau □ est régulier à droite, et propre, on établit [5], en utilisant le corps des quotients de □, qu'il ne peut exister aucun système de plus de n vecteurs linéairement indépendants, à droite, par rapport à □. Il est possible de démontrer directement, en s'appuyant sur le théorème 1, la propriété suivante, plus générale :

Théorème 3. — *Dans le module E, □ étant un anneau régulier à droite, propre ou impropre, $n+1$ vecteurs sont toujours en dépendance linéaire régulière à droite.*

On dit que la dépendance linéaire

$$x^1\alpha_1 + x^2\alpha_2 + \ldots + x^n\alpha_n + x^{n+1}\alpha_{n+1} = 0,$$
$$x^j \in E, \qquad \alpha_j \in \square$$

est régulière à droite, quand le système

$$\alpha_1 u = \alpha_2 u = \ldots = \alpha_n u = \alpha_{n+1} u = 0 \qquad (u \neq 0)$$

est impossible.

La dépendance linéaire régulière à droite entraîne la dépendance linéaire ordinaire à droite. De plus :

Conséquence. — *Quand les vecteurs $x^1, x^2, \ldots, x^n$ sont linéairement indépendants à droite, α_{n+1} n'est pas diviseur de zéro à gauche.*

V. Application aux équations linéaires. — Le théorème 3 donne immédiatement le

Théorème 4. — *Sur un anneau régulier à droite n équations linéaires et homogènes à $n+1$ inconnues X_j ont toujours au moins une solution régulière à droite.*

$$a_i^j X_j = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, n;\ j = 1, 2, \ldots, n+1)$$

est vérifié pour $X_j \in \square$ tels que

$$X_1 u = X_2 u = \ldots = X_{n+1} u = 0 \qquad (u \neq 0)$$

soit impossible.

---

(5) P. Dubreil, *Bull. Sc. Math.*, 1943, théorème 5, p. 9.

ALGÈBRE. — *Définition de deux structures d'anneau dans une algèbre de Boole.* Note [1] de M. **Victor Lalan**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans une algèbre de Boole, ensemble d'éléments muni de trois opérations auxquelles on attribue respectivement les propriétés que possèdent le produit, la somme et la négation en Logistique, on peut définir une structure d'anneau, en introduisant l'opération que M. H. Stone [2] appelle la différence symétrique, ou réunion (modulo 2). En fait, il y a deux moyens d'obtenir une telle structure, et ce, sans introduire d'opération vraiment nouvelle : l'exemple de la Logistique montre qu'il suffit d'interpréter convenablement des opérations déjà existantes.

Première structure. — L'équivalence logique, $p \equiv q$, est une relation, mais c'est aussi une opération qui, aux deux propositions p et q, fait correspondre la proposition : « p et q ont la même valeur logique ». Cette opération est évidemment commutative, mais il est intéressant de noter qu'elle est aussi *associative*. On voit en effet facilement que $(p \equiv q) \equiv r$ et $p \equiv (q \equiv r)$ ont la même signification, à savoir, $p.q.r \vee p.q'.r' \vee q.r'.p' \vee r.p'.q'$. On peut donc écrire, sans parenthèses, $p \equiv q \equiv r$, et, plus généralement, $p_1 \equiv p_2 \equiv \ldots \equiv p_n$, qui se lit, dans tous les cas : « le nombre des termes faux est pair (ou nul) ». Convenons, pour être plus clair, de désigner par $\dot{+}$ l'équivalence logique quand nous la considérons comme une opération. Elle admet un élément neutre, qui est V, symbole d'une proposition vraie, car $p \dot{+} \mathrm{V} \equiv p$, et, pour elle, toute proposition p a une symétrique, qui est elle-même, car $p \dot{+} p \equiv \mathrm{V}$: il n'y a donc pas à distinguer entre l'addition $\dot{+}$ et la soustraction associée. Muni de cette opération, l'ensemble des propositions a la structure de groupe abélien. On en fera un anneau en prenant, en guise de multiplication, l'opération $\vee$; il suffit de vérifier la distributivité de $\vee$ par rapport à $\dot{+}$

$$\begin{aligned} p\vee q \dot{+} p\vee r &\equiv \big((p\vee q).(p\vee r)\big)\vee\big((p\vee q)'.(p\vee r)'\big) \equiv p\vee p.r\vee q.p\vee q.r\vee p'.q'.p'.r' \\ &\equiv p\vee q.r\vee p'.q'.r' \equiv p\vee(q.r\vee q'.r') \equiv p\vee(q \dot{+} r). \end{aligned}$$

L'anneau est commutatif, et admet pour unité F (symbole d'une proposition fausse), car $p \vee \mathrm{F} \equiv p$.

Grâce à ce procédé, toutes les opérations logiques s'expriment par des polynomes

$$p \supset q \equiv p\vee q \dot{+} q, \qquad p.q \equiv p\vee q \dot{+} p \dot{+} q, \qquad p' \equiv p \dot{+} \mathrm{F}.$$

Si l'ensemble considéré est l'ensemble des parties d'un ensemble E, et

---

[1] Séance du 9 décembre 1946.

[2] *Proceed. Nat. Acad. of Sc.*, **21**, 1935, pp. 103-105; *Trans. Amer. Math. Soc.*, **40**, 1936, pp. 37-111.

si A, B, ... désignent des parties, A′, B′, ... étant les parties complémentaires, l'opération $A \dotplus B$ définit la partie $(A \cap B) \cup (A' \cap B')$; il faut prendre la réunion $\cup$ comme multiplication. Le zéro est E, et l'unité est la partie nulle.

Seconde structure. — On prend pour addition la négation de l'équivalence logique, $p \equiv q'$, c'est-à-dire $p.q' \vee q.p'$, ce qui signifie : « l'une seulement des deux propositions est vraie »; c'est donc la *disjonction exclusive*. On démontre comme plus haut que cette opération, que nous noterons $+$, est associative. La proposition $p_1 + p_2 + \ldots + p_n$ doit se lire : « le nombre des termes vrais est impair ». F est maintenant le zéro, et la soustraction est encore identique à l'addition, car $p + p \equiv F$. Comme multiplication, il faut prendre cette fois la multiplication logique usuelle; V est l'unité. On exprime encore les opérations logiques par des polynomes

$$p \supset q \equiv p.q + p + V, \qquad p \vee q \equiv p.q + p + q, \qquad p' \equiv p + V.$$

Si l'on considère l'ensemble des parties de E, l'opération $+$ est identique à l'opération Δ, que M. H. Stone appelle la différence symétrique. La multiplication qu'il faut y associer est l'intersection $\cap$. L'unité est E, et le zéro, la partie nulle.

Dans un cas comme dans l'autre, tout élément est idempotent et, par conséquent, la structure qu'on détermine est celle d'un anneau de Boole.

TOPOLOGIE. — *Sur les espaces où la topologie peut être définie à l'aide d'un écart abstrait symétrique et régulier.* Note de M. **Raouf Doss**, présentée par M. Paul Montel.

1. Soit E un espace écartisé symétrique et soit S son échelle des écarts ([1]). L'espace E sera dit *localement régulier* si, à chaque point a de E et à chaque élément $\xi > 0$ de S, il correspond un autre élément $\varphi_a(\xi) > 0$ de S tel que pour tous points b, c de E les relations

$$(a, b) < \varphi_a(\xi) \quad \text{et} \quad (b, c) < \varphi_a(\xi) \quad \text{entraînent} \quad (a, c) < \xi.$$

Nous avons le théorème suivant : *Tout espace écartisé* E *symétrique et localement régulier peut être muni d'un écart abstrait symétrique et régulier.* En conséquence ([2]) *si* E *n'est pas distanciable on peut supposer que sans changer la topologie de* E *la condition de régularité prenne la forme*

$$(a, b) < \xi \quad \text{et} \quad (b, c) < \xi \quad \text{entraînent} \quad (a, c) < \xi.$$

Les trois paragraphes qui suivent sont des conséquences de cet énoncé.

([1]) Pour la terminologie, voir M. Fréchet, *Portugaliae Mathematica*, 5, 1946, pp. 121-131.

([2]) Voir ma Note précédente aux *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 14.

2. *Tout espace écartisé symétrique et régulier est complètement normal*, c'est-à-dire que si A et B sont deux ensembles non mutuellement connexes $(A.\bar{B} + B.\bar{A} = 0)$, il existe deux ensembles disjoints G et H auxquels A et B sont respectivement intérieurs.

3. Appelons *partition* P d'un espace E toute décomposition de E en ensembles ouverts disjoints. On dira que la partition P_2 est plus fine que la partition P_1 si chaque ensemble faisant partie de la partition P_2 est contenu dans un ensemble faisant partie de la partition P_1. On dira qu'une famille de partitions est *monotone* si de deux partitions P_ξ, P_η de la famille l'une est plus fine que l'autre. Enfin on dira qu'une famille de partitions forme un *système complet de voisinages* pour l'espace E si chaque voisinage V_a de chaque point a de E contient un ensemble appartenant à l'une des partitions de la famille.

On a le théorème suivant :

La condition nécessaire et suffisante pour qu'un espace accessible E *puisse être muni d'un écart abstrait symétrique et régulier est qu'il existe une famille monotone de partitions formant un système complet de voisinages.*

4. On sait que si un espace E est muni d'un écart abstrait symétrique et régulier, pour tout point a de E et pour tout voisinage V_a de a, il existe une fonction *uniformément* continue $f(x)$, comprise entre 0 et 1, prenant la valeur 0 en a et la valeur 1 en dehors de V_a [3].

Nous démontrons l'inverse de cet énoncé en ce sens que *si* E *est un espace écartisé, non nécessairement symétrique, et si pour tout point a de* E *et pour tout voisinage* V_a *de a il existe une fonction uniformément continue, comprise entre* 0 *et* 1, *prenant la valeur* 0 *en a et la valeur* 1 *en dehors de* V_a, E *peut être muni d'un écart abstrait symétrique et régulier.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur l'immersion du plan de Finsler dans certains espaces de Riemann à trois dimensions*. Note de M. **Octave Galvani**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Conformément à un modèle général donné dans une précédente Note [1], tout plan de Finsler analytique est susceptible d'être réalisé localement dans un espace euclidien E_N à $N \leqq 6$ dimensions par des variétés V_3 dont l'élément générateur est l'ensemble $S = (M, \Delta, P)$ d'un point $M =$ centre de S, d'un élément linéaire $(M, \Delta) =$ axe de S, et d'un plan P passant par Δ. La connexion F_2 sur une telle V_3 est définie par la projection orthogonale sur P : 1° des *axes*

---

[3] Pour la démonstration de ce point on pourra se reporter à un mémoire non encore paru de M. Fréchet, où sont développés les théorèmes énoncés dans le mémoire cité de *Portugaliæ Mathematica*. Dans la démonstration, il apparaît clairement que la fonction continue construite par M. Fréchet est même uniformément continue.

[1] *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 1067-1069.

des éléments voisins de S (*carte* en S); 2° de la carte en S' voisin de S. J'ai signalé d'autre part ([2]) qu'on peut toujours prendre $N = 4$, mais qu'avec $N \geq 5$ on peut imposer *a priori* des propriétés géométriques aux réalisations. Les résultats qui suivent sont relatifs aux réalisations pour lesquelles P *est tangent au lieu* $V_3(M)$ *du centre*, et généralisent en partie les résultats relatifs aux F_2 réalisables dans E_3 ([2]), à condition de remplacer E_3 *par un espace de Riemann* R_3 (qui d'ailleurs n'est pas quelconque, et d'autre part varie avec F_2).

2. Pour alléger l'exposé, nous supposons analytiques toutes les variétés et familles de variétés considérées; cette hypothèse est nécessaire pour les théorèmes d'existence (paragraphe 5), mais peut aisément, pour les autres, être remplacée par de moins restrictives.

Reprenant les notations de É. Cartan ([3]) pour la torsion I et la courbure (J, K) de F_2, nous n'aurons à considérer que des F_2 où $IK \not\equiv 0$: $I \equiv 0$ donnerait un plan riemannien; $K \equiv 0$ a déjà été examiné ([2]).

3. Les F_2 étant des connexions particulières d'éléments linéaires, une $V_3(S)$ arbitraire ne réalise en général aucun F_2 :

Théorème 1. — *Pour qu'une* $V_3(S)$ *où* P *est tangent à* $V_3(M)$ *réalise un* F_2, *il faut et suffit* : 1° *que* $V_3(M)$ *ait* 3 *dimensions;* 2° *que le champ des* Δ *ait pour lignes de forces des géodésiques* δ *de* $V_3(M)$; 3° *que, sur* $V_3(M)$, *le champ des tangentes normales à* P *ait en tout point une surface de niveau* ζ, *que ces surfaces* ζ *soient des « développables réglées »* ([4]) *de* $V_3(M)$ *admettant les* δ *pour génératrices, et que les* δ *ne forment pas une congruence de normales.*

Cette dernière condition est liée à la biunivocité de la carte. Le cas où les ζ seraient totalement géodésiques dans $V_3(M)$ entraînerait $I \equiv 0$. Ce cas étant exclu, la donnée des ζ détermine Δ et P en tout point M.

Les constructions définissant la connexion F_2 peuvent être interprétées *comme faites* DANS *l'espace de Riemann* R_3 *réalisé par* $V_3(M)$; nous dirons que le F_2 réalisé est *immergé* ou *contenu* dans R_3 ou $V_3(M)$:

Théorème 2. — *Pour qu'un espace de Riemann* R_3 *contienne un* F_2 *où* $IK \not\equiv 0$, *il faut et suffit que par chacun de ses points passe une développable réglée* ζ *non totalement géodésique, dont les génératrices* δ *ne forment pas une congruence de normales.*

Il réalise alors le F_2 défini, sur toute réalisation euclidienne $V_3(M)$ de R_3, en prenant P tangent à ζ et Δ tangent à la δ. *Tous les* F_2 *correspondant ainsi aux diverses réalisations de* R_3 *sont identiques.* Nous laisserons de côté la question de savoir si R_3 contient d'autres F_2, c'est-à-dire d'autres ζ.

4. Nous désignerons par $f(e)$ l'ensemble des figures e de S qui correspondent

([2]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, pp. 1200-1202.
([3]) *Mathematica,* **4**, pp. 120 et 129-130.
([4]) Cf. E. Cartan, *Comptes rendus,* **184**, 1927, pp. 138-141.

à un ensemble f d'éléments linéaires de F_2; $f(M)$ sera dit l'*image* de f. Une fois choisis les ζ, la correspondance entre f et son image est *biunivoque*.

THÉORÈME 3. — 1° *Les images des géodésiques de* F_2 *sont les géodésiques* δ *génératrices des* ζ; 2° *les images des points p de* F_2 *sont les trajectoires orthogonales* μ *des* ζ. *La distance de deux points* p_1, p_2 *de* F_2 *est une valeur stationnaire de la longueur des arcs de* R_3 *dont les extrémités décrivent les courbes* μ_1, μ_2 *images de* p_1, p_2.

Une courbe quelconque de R_3 n'est pas l'image d'une courbe C de F_2, considérée comme lieu d'éléments linéaires tangents. Les C(M) sont tangentes en tout point M au plan tangent en M à δ et à μ. *En un même point* M, *les pentes des* C(M) *par rapport à* ζ *sont proportionnelles à la courbure de* C *dans* F_2.

Les invariants I, K sont liés à certains invariants de la famille des ζ de R_3 :

THÉORÈME 4. — *En un élément* (m, d) *de* F_2, 1° *la courbure superficielle* K *est la courbure riemannienne en* M *image de* (m, d) *dans la direction de* ζ; 2° *la torsion* I *est* DANS R_3 *le rapport en* M *de la deuxième courbure principale de* ζ *à la torsion géodésique de l'image de m sur l'image du lieu des géodésiques issues de m.*

5. *Réalisations d'un* F_2 *donné.* — Les réalisations précédentes se révèlent impossibles dans E_4. Dans E_5, on trouve le résultat suivant :

THÉORÈME 5. — *Tout plan de Finsler analytique où* $IK \not\equiv 0$ *peut être immergé dans une variété ponctuelle à* 3 *dimensions de* E_5. *Cette réalisation locale est possible au voisinage de tout élément linéaire où* $I \neq 0$. *Les* $V_3(S)$ *obtenues dépendent de 4 fonctions arbitraires de* 2 *arguments.*

On peut, dans E_6, imposer une condition de plus à l'immersion d'un F_2 donné, et *obtenir des* R_3 *qui admettent la direction de l'image de m pour direction principale.* Les $V_3(S)$ correspondantes dépendent de 5 fonctions arbitraires de 2 arguments. La courbure riemannienne dans la direction plane tangente aux images des courbes de F_2 est alors égale à I_{11}/I^2. Le rapport I/J de la torsion à la courbure angulaire en (m, d) est égal, dans $V_3(S)$, à la distance à M du point φ de D tel que les plans tangents à $m(D)$ en M et en φ soient rectangulaires.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la formule de Moivre-Laplace.* Note de M. **ALEXANDRE OSTROWSKI**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Soient p, q fixes, $0 < p < 1$, $p + q = 1$, n entier > 0 et pour $p_\nu = \binom{n}{\nu} p^\nu q^{n-\nu}$

$$M(\eta) = \sum_\nu p_\nu \qquad (|\nu - np| \leq \eta\sqrt{2npq}), \tag{1}$$

où la somme s'étend à tous les entiers ν, satisfaisant à la condition entre paren-

thèses. Alors le théorème, attribué à Moivre et à Laplace, dit que

$$\mathrm{M}(\eta) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\eta} e^{-t^2}\,dt + \rho(\eta, n), \tag{2}$$

où $\rho(\eta, n)$ tend vers 0, si $n \to \infty$.

Les indications de Laplace ([1]) sur le *reste* $\rho(\eta, n)$ de (2) conduisent à

$$\rho(\eta, n) = \frac{1}{\sqrt{2\pi npq}} e^{-\eta^2} + \mathrm{O}\left(\frac{1}{n}\right), \tag{3}$$

$\mathrm{O}(1/n)$ étant un terme de l'ordre de $1/n$ ([1]).

2. La formule (3), sans le terme $\mathrm{O}(1/n)$, était généralement utilisée jusqu'à la fin du XIXe siècle. Aujourd'hui, on la passe sous silence dans les grands traités français et russes. En effet, la démonstration que l'on trouve par exemple dans le traité de Czuber ([2]) est manifestement trop vague.

D'autre part, des vérifications numériques ont souvent montré que la formule (3) donne une approximation bien meilleure que (2) ([3]).

3. Nous avons réussi à dégager la partie principale exacte du reste $\rho(\eta, n)$ de (2) et nous avons obtenu

$$\rho(\eta, n) = \frac{r_n}{\sqrt{2\pi npq}} e^{-\eta^2} + \mathrm{O}\left(\frac{1}{n}\right), \tag{4}$$

où les nombres r_n sont compris entre -1 et 1, et l'*ensemble des* r_n *est partout dense dans* $<-1, 1>$.

Plus précisement, en désignant par $\mathrm{R}(x) = x - [x]$ le *reste* de x (mod. 1), on a

$$r_n = 1 - \mathrm{R}(nq + \eta\sqrt{2npq}) - \mathrm{R}(np + \eta\sqrt{2npq}) \quad ([4]). \tag{5}$$

4. La formule (5) fait voir pourquoi l'expression (3) s'accordait si bien avec les exemples numériques. On prenait n de sorte que np soit entier, et l'on

---

([1]) *Théorie analytique des probabilités*, 3e éd., 1820, pp. 279-282. En vérité, la somme considérée par Laplace est définie d'une manière différente. Soit n_0 le plus grand entier $\leqq (n+1)p$ et $w_n = \sqrt{2[n_0(n-n_0)/n]}$; Laplace considère la somme $\mathrm{L}(\eta) = \sum_{\nu} p_\nu$, où ν parcourt les entiers ν tels que $|\nu - n_0| \leqq \eta w_n$. La grandeur correspondant à η est désignée chez Laplace par T.

([2]) *Wahrscheinlichkeitsrechung*, Bd. 1, 3e, Aufl., 1914, pp. 135-139.

([3]) Cf. par exemple MIRIMANOFF, *L'enseignement mathématique*, 25, 1926, pp. 117-118; L. v. BORTKIEWICZ. *Sitz. Ber. d. Berl. Math. Ges.*, 1920, pp. 37-42.

([4]) Dans l'expression analogue à (2) et (4) de $\mathrm{L}(\eta)$, on a $r_n = 1 - 2\mathrm{R}(\eta w_n)$. Si ηw_n est choisi entier, la formule de Laplace est correcte. Mais si η est donné *a priori*, on peut encore démontrer que l'ensemble des r_n est partout dense dans $<-1, 1>$.

donnait à priori pour $\eta\sqrt{2npq}$ des valeurs entières. D'ailleurs, ce cas se présente assez souvent dans la pratique.

5. Pour déduire (4), on pose $w = \sqrt{2npq}$ et l'on part de l'expression approchée des p_ν :

$$(6) \quad p_\nu = \frac{1}{\sqrt{\pi}w}\left(1 + \frac{\nu - np}{w^2}(p-q) - \frac{2}{3}\frac{(\nu-np)^3}{w^4}(p-q)\right)\exp\left(-\frac{(\nu-np)^2}{w^2}\right) + O\left(\frac{p_\nu}{n}\right).$$

Soient M le plus petit et N le plus grand entier, tels qu'on ait pour les écarts réduits correspondants

$$\eta_M = \frac{M - np}{w} \geq -\eta, \qquad \eta_N = \frac{N - np}{w} \leq \eta.$$

En appliquant une formule sommatoire convenable, on obtient

$$(7) \quad M(\eta) = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{\eta_M}^{\eta_N} e^{-t^2}dt + \frac{q-p}{6\sqrt{\pi}w}\left[e^{-\eta_N^2}(1 - 2\eta_N^2) - e^{-\eta_M^2}(1-\eta_M^2)\right]$$
$$+ \frac{1}{2\sqrt{\pi}w}(e^{-\eta_M^2} + e^{-\eta_N^2}) + O\left(\frac{1}{n}\right).$$

Posons $\eta_M + \eta = \Delta_1/w$; $\eta - \eta_N = \Delta_2/w$; Δ_1 et Δ_2 sont bornés.

Donc, en remplaçant dans la partie intégrée de (7) η_N par η et η_M par $-\eta$, on fait une erreur $O(1/n)$ et l'on trouve

$$(8) \quad M(\eta) = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{\eta_M}^{\eta_N} e^{-t^2}dt + \frac{1}{\sqrt{\pi}w}e^{-\eta^2} + O\left(\frac{1}{n}\right).$$

6. Il s'agit maintenant de remplacer les limites d'intégration par η et $-\eta$. C'est ce changement qu'on a négligé le plus souvent depuis Laplace jusqu'aux publications très récentes. On a

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{\eta_M}^{\eta_N} e^{-t^2}dt = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{-\eta}^{\eta} e^{-t^2}dt - \frac{1}{\sqrt{\pi}w}(\Delta_1 + \Delta_2)e^{-\eta^2};$$

d'autre part on obtient aisément

$$\Delta_1 = R(nq + \eta w), \qquad \Delta_2 = R(np + \eta w).$$

En introduisant ces valeurs en (8), on trouve (2) avec l'expression (4) de R.

Pour établir que l'ensemble des r_n est partout dense dans $\langle -1, 1 \rangle$, nous utilisons un théorème classique de Tschébycheff sur les approximations diophantiennes.

7. Nos résultats subsistent *uniformément*, si η varie avec n, tout en restant borné. On peut même se dispenser de cette dernière hypothèse, à condition de remplacer $O(1/\eta)$ par $O[(\log n)^3/n)]$. D'ailleurs, des résultats analogues peuvent être déduits dans le cas d'un intervalle d'écart $\langle \eta', \eta'' \rangle$ non symétrique et aussi pour les intervalles ouverts ou semi-ouverts.

Nous développerons nos démonstrations dans un autre Recueil.

MÉCANIQUE. — *Sur l'équilibre d'un système matériel illimité dans une direction donnée et sollicité par des actions normales à cette direction.* Note [1] de M. **Henri Poncin**, présentée par M. Henri Villat.

Nous considérerons, dans cette Note, un système matériel (Ω) constitué par un massif, primitivement homogène, illimité dans la direction $\bar{u}$ et limité par ailleurs par une surface cylindrique Σ dont les génératrices ont la direction $\bar{u}$. La section de Σ par un plan de référence oxy se compose de deux arcs de courbes analytiques Γ_1 et Γ_2 qui se raccordent au point O de oy, situés l'un à droite et l'autre à gauche de cet axe. Les actions les plus diverses peuvent s'exercer sur les éléments superficiels de (Σ) : pressions uniformément réparties pressions continûment variables ou efforts localisés etc. Nous admettrons que ces actions conservent une grandeur telle que les déformations qui en résultent restent dans le domaine d'élasticité, et nous supposerons que, en tout point Q de Z, elles peuvent être représentées par un vecteur $\overline{F(Q)}$ orthogonal à $\bar{u}$.

Il s'établit, dans ces conditions, un état d'équilibre contraint de (Ω), dont nous nous proposons de déterminer les caractéristiques essentielles en utilisant les résultats de mesures expérimentales appropriées effectuées sur la portion Σ_1 de (Σ). On peut, par exemple, supposer, pour fixer les idées sur ce point, que l'extension dans certaines directions des éléments superficiels a été déterminée par des extensomètres électriques du type strain-gages.

Le principe de la méthode proposée consiste à conduire ces mesures de façon à réaliser des conditions surabondantes pour la détermination des fonctions qu'introduira l'étude théorique du phénomène, puis à distinguer, parmi ces conditions et les continus qui les portent, des éléments dits *fondamentaux* et des éléments dits *secondaires*. Cette classification sera faite de façon telle que les éléments fondamentaux permettent un calcul effectif, et aussi simple que possible, des caractéristiques de la déformation. Les éléments secondaires constitueront des éléments de vérification qui permettront de contrôler, comme nous le verrons, l'approximation obtenue dans les mesures expérimentales, et la validité des hypothèses qui ont été posées *a priori* à la base de l'étude rationnelle du phénomène.

Les sollicitations $\overline{F(Q)}$ entraînent un équilibre contraint de ce système qui, partant de l'état naturel (Ω_0), atteint finalement un état (Ω_1). Du fait du passage de l'état 0 à l'état 1, la particule matérielle de centre P subit le déplacement

$$\delta_{01}\bar{P} = \delta x(P).\bar{x} + \delta y(P).\bar{y}, \tag{1}$$

auquel correspond la rotation élémentaire $\omega(P)\bar{u}$. En même temps son état

[1] Séance du 9 décembre 1946.

intérieur se modifie. Cette modification est caractérisée par un coefficient de dilatation cubique local $\theta(P)$. Enfin nous désignerons par ν le coefficient de Poisson de la matière initialement homogène dont est constitué le massif étudié. Les conditions mécaniques de l'équilibre contraint s'écrivent sous la forme

$$(2) \qquad \overline{\text{grad}}\,\theta(P) + \overline{u} \wedge \overline{\text{grad}}\,\omega(P) = 0.$$

Soit $g_1(P)$ une intégrale de l'équation aux différentielles totales

$$(3) \qquad dg_1 = \frac{1}{2}\omega(P)\,dx + \frac{1}{2(1-\nu)}\theta(P)\,dy,$$

qui est intégrable. Après un calcul simple, on exprimera les composantes du déplacement particulaire dans les directions de référence sous la forme

$$(4) \qquad \begin{cases} \delta x(P) = 2f_1(P) + g_2(P) - \dfrac{1+\nu}{2}\,\omega(P)\,y(P), \\ \delta y(P) = (1-\nu)g_1(P) + f_2(P) - \dfrac{1+\nu}{2(1-\nu)}\,y(P)\,\theta(P), \end{cases}$$

où f_2 et g_2 sont deux fonctions harmoniques conjuguées qui ne déterminent pas les conditions mécaniques de l'équilibre contraint.

Il résulte des équations (4) que la description du phénomène exige l'emploi de quatre fonctions harmoniques 2 à 2 conjuguées.

Soient d'autre part $\overline{n}(Q)$ le vecteur unitaire normal à Γ, au point Q; $\overline{\overline{E}}(Q)$ le tenseur des efforts en ce point. La condition d'équilibre de l'élément superficiel de centre Q s'exprime, comme on sait, par la relation

$$(5) \qquad \overline{F}(Q) = \overline{n}(Q)\,\overline{\overline{E}}(Q),$$

qui se traduit analytiquement par deux relations où figurent des fonctions connues de la variable S ce qui permet de localiser (Q) sur le continu (Γ), et les dérivées partielles d'ordre 2 des fonctions f_1, g_1, f_2, g_2 ou plus exactement l'empreinte de ces dérivées sur le continu (Γ). En ajoutant à ces relations celles qui traduisent analytiquement en fonction de S les résultats des mesures d'extension des éléments superficiels de Σ, on obtient quatre relations, valables en chaque point de Σ. En partant de ces relations, on réalisera un prolongement fonctionnel qui permettra de déterminer les caractéristiques de la déformation en tout point du massif. La comparaison entre les résultats de ce prolongement effectué jusqu'en un point de (Σ_2) et les résultats des mesures expérimentales en ce point permettront la justification indiquée précédemment.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Généralisation des formules de Helmholtz et de Cauchy pour un fluide visqueux incompressible.* Note de M. **Ion Cârstoiu**, présentée par M. Henri Villat.

1. Considérons une masse de fluide visqueux incompressible en mouvement par rapport à un système de référence fixe $Oxyz$ et supposons que les forces extérieures dérivent d'un potentiel $U(x, y, z, t)$. On a les équations

$$\frac{du}{dt} = \frac{\partial Q}{\partial x} + \nu\Delta u, \quad \ldots, \tag{1}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \tag{2}$$

avec les notations classiques (1).

Introduisant le tourbillon dans les équations (1), celles-ci s'écrivent

$$\frac{\partial u}{\partial t} + 2(\eta w - \zeta v) = \frac{\partial H}{\partial x} + \nu\Delta u, \quad \ldots. \tag{3}$$

En éliminant la fonction H, il vient

$$\boxed{\frac{d\xi}{dt} = \xi\frac{\partial u}{\partial x} + \eta\frac{\partial u}{\partial y} + \zeta\frac{\partial u}{\partial z} + \nu\Delta\xi, \quad \ldots} \tag{4}$$

Les trois équations de ce type généralisent les *équations de Helmholtz* (2).

2. En partant des équations (1) et en éliminant cette fois-ci la fonction Q, on obtient

$$\frac{d}{dt}\left[\frac{D(u, x)}{D(b, c)} + \frac{D(v, y)}{D(b, c)} + \frac{D(w, z)}{D(b, c)}\right] = \nu\left[\frac{D(\Delta u, x)}{D(b, c)} + \frac{D(\Delta v, y)}{D(b, c)} + \frac{D(\Delta w, z)}{D(b, c)}\right],$$

soit, en introduisant le tourbillon et en intégrant par rapport au temps,

$$\left\{\begin{aligned} &\xi\frac{D(y, z)}{D(b, c)} + \eta\frac{D(z, x)}{D(b, c)} + \zeta\frac{D(x, y)}{D(b, c)} \\ &\quad = \xi_0 + \frac{\nu}{2}\int_{t_0}^{t}\left[\frac{D(\Delta u, x)}{D(b, c)} + \frac{D(\Delta v, y)}{D(b, c)} + \frac{D(\Delta w, z)}{D(b, c)}\right]dt, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned}\right. \tag{5}$$

Les équations précédentes peuvent également s'écrire sous la forme suivante

$$\left\{\begin{aligned} &\xi\frac{D(y, z)}{D(b, c)} + \eta\frac{D(z, x)}{D(b, c)} + \zeta\frac{D(x, y)}{D(b, c)} \\ &\quad = \xi_0 + \nu\int_{t_0}^{t}\left[\Delta\xi\frac{D(y, z)}{D(b, c)} + \Delta\eta\frac{D(z, x)}{D(b, c)} + \Delta\zeta\frac{D(x, y)}{D(b, c)}\right]dt, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned}\right. \tag{6}$$

(1) Cf. H. Villat, *Leçons sur les fluides visqueux*, 1943.

(2) Voir par exemple : H. Villat, *Leçons sur la théorie des tourbillons*, 1930, p. 4.

En résolvant par rapport à (ξ, η, ζ), on aura

$$(7)\quad \left\{\begin{aligned} \xi = &\left\{\xi_0 + \nu \int_{t_0}^{t} \left[\Delta\xi \frac{D(y, z)}{D(b, c)} + \ldots\right] dt\right\} \frac{\partial x}{\partial a} + \left\{\eta_0 + \nu \int_{t_0}^{t} \left[\Delta\xi \frac{D(y, z)}{D(c, a)} + \ldots\right] dt\right\} \frac{\partial x}{\partial b} \\ &+ \left\{\zeta_0 + \nu \int_{t_0}^{t} \left[\Delta\xi \frac{D(y, z)}{D(a, b)} + \ldots\right] dt\right\} \frac{\partial x}{\partial c}, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned}\right.$$

Les trois équations (7) généralisent les *équations de Cauchy* [3].

Il est aisé de vérifier que les équations (4) peuvent être retrouvées en dérivant totalement, par rapport à t, les équations précédentes. Elles montrent de quelle manière le théorème de Lagrange cesse d'être valable pour un fluide visqueux incompressible.

3. Remarquons que, pour le cas d'un mouvement plan, les équations (7) se réduisent à l'équation unique

$$(8)\qquad \zeta = \zeta_0 + \nu \int_{t_0}^{t} (\Delta\zeta)\, dt,$$

qui est d'ailleurs connue, sous sa forme différentielle [4].

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la décroissance de l'énergie cinétique d'un fluide visqueux incompressible occupant un domaine plan borné.* Note de M. **Joseph Kampé de Fériet**, présentée par M. Henri Villat.

I. Considérons le mouvement plan d'un fluide visqueux incompressible occupant un domaine plan borné S dont la frontière est une courbe régulière fermée C, représentant une paroi solide fixe; on sait [1] que l'*énergie cinétique* E *est une fonction du temps décroissant au moins aussi vite qu'une exponentielle*; je me propose de donner de cette propriété une démonstration élémentaire qui a en outre l'avantage de préciser la signification de la constante du décrément. Cette démonstration repose sur l'inégalité

$$(1)\qquad E \leqq \sqrt{K_C}\, J,$$

reliant les énergies cinétique E et tourbillonnaire J

$$(2)\qquad E = \int_S V^2\, d\sigma = \int_S \Delta_1 \psi\, d\sigma,$$

$$(3)\qquad J = \int_S \zeta^2\, d\sigma.$$

(3) H. Villat, *loc. cit.* (2), p. 7.

(4) H. Villat, *loc. cit.* (1), pp. 435 et 533.

(1) Jean Leray, *Journ. de Math.*, **13**, 1934, pp. 331-418.

Il convient de souligner que (1) exprime une propriété de la fonction de courant ψ et du tourbillon ζ complètement indépendante des équations de Navier; c'est une simple conséquence analytique de l'équation $\Delta_2\psi = -2\zeta$ et des conditions aux limites $\psi = (\partial\psi/\partial x) = (\partial\psi/\partial y) = 0$ sur C.

II. Le point de départ réside dans les formules ([2]) :

$$(4) \qquad \int_S f\Delta_2\psi\, d\sigma = \int \psi\Delta_2 f\, d\sigma = -\int_S \Delta(f, \psi)\, d\sigma,$$

$$(5) \qquad \int_S \frac{D(f, \psi)}{D(x, y)}\, d\sigma = 0,$$

simples conséquences de la formule de Green appliquée à deux fonctions régulières ([3]) dans S, dont l'une, ψ, vérifie les conditions aux limites imposées sur C.

En faisant dans (4) $f = \psi$ et en remplaçant dans la première intégrale ψ par son expression en fonction de ζ (solution classique de l'équation de Poisson), on obtient, pour l'énergie cinétique, une intégrale quadruple contenant symétriquement le tourbillon en deux points P et Q assujettis à parcourir S,

$$(6) \qquad E = \frac{2}{\pi}\int_S\int_S \zeta_P\zeta_Q \log\frac{1}{r}\, d\sigma_P\, d\sigma_Q, \qquad r = \overline{PQ};$$

l'application de l'inégalité de Schwarz à (6) donne alors (1), la constante positive K_0, qui ne dépend que de la forme du domaine, étant définie par

$$K_0 = \frac{1}{\pi^2}\int_S\int_S \left(\log\frac{1}{r}\right)^2 d\sigma_P\, d\sigma_Q.$$

III. En ajoutant les deux équations de Navier

$$-\frac{\partial H}{\partial x} = \frac{\partial u}{\partial t} - 2v\zeta + 2\nu\frac{\partial\zeta}{\partial y}; \qquad -\frac{\partial H}{\partial y} = \frac{\partial v}{\partial t} + 2u\zeta - 2\nu\frac{\partial\zeta}{\partial x},$$

après les avoir respectivement multipliées par u et v, on obtient

$$-\frac{D(H, \psi)}{D(x, y)} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{V^2}{2}\right) + 2\nu\Delta(\zeta, \psi).$$

Intégrons les deux membres dans S; (4) et (5) donnent

$$\int_S \frac{D(H, \psi)}{D(x, y)}\, d\sigma = 0; \qquad \int_S \Delta(\zeta, \psi)\, d\sigma = -2\int_S \zeta^2\, d\sigma = -2J.$$

D'où cette expression de la dérivée de l'énergie cinétique au moyen de

---

([2]) $\Delta_2 f = \dfrac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \dfrac{\partial^2 f}{\partial y^2}$; $\quad \Delta(f, g) = \dfrac{\partial f}{\partial x}\dfrac{\partial g}{\partial x} + \dfrac{\partial f}{\partial y}\dfrac{\partial g}{\partial y}$; $\quad \Delta_1 f = \Delta(f, f)$.

([3]) C'est-à-dire continues ainsi que leurs dérivées premières dans S + C, les dérivées secondes étant continues dans S.

l'énergie tourbillonnaire

$$\frac{dE}{dt} = -8\nu J \tag{7}$$

qui suffit à établir la décroissance de E; le simple rapprochement de (1) et de (7) donne la borne exponentielle cherchée

$$E \leqq E_0 \exp\left(-\frac{8\nu}{\sqrt{K_c}} t\right). \tag{8}$$

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Mouvement d'un fluide visqueux entre sphères concentriques.* Note de M. **Fernand Charron**, présentée par M. Henri Villat.

Sur l'invitation du Service des Recherches de l'Aéronautique, j'étudie expérimentalement le mouvement d'un fluide visqueux entre sphères concentriques dont l'une tourne par rapport à l'autre.

Je me suis proposé, non seulement de mesurer le couple d'entraînement, mais encore de suivre le mouvement des filets liquides. A cet effet, la sphère extérieure est un ballon de verre à col étroit, choisi parmi une centaine, pour sa sphéricité presque parfaite et sa transparence. J'ai pu le sectionner, par un plan équatorial, à l'aide d'un fil chaud, sans perte de substance, de telle sorte que les deux moitiés juxtaposées et recollées, après introduction de la sphère intérieure, reconstituent la sphère primitive. Ce ballon, dont le diamètre intérieur est égal à $81^{mm},8$ est suspendu à un trifilaire vertical.

La sphère intérieure est une véritable bille d'acier de 40, 50 ou 60^{mm} de diamètre suivant le cas, convenablement détrempée, ce qui permet d'y pratiquer un trou fileté et de la visser à l'extrémité inférieure d'un axe vertical. Un microscope coudé, convenablement articulé permet d'explorer l'espace compris entre les deux sphères, depuis le plan équatorial jusqu'au pôle inférieur. Une matière colorante convenable, dissoute dans un mélange d'eau et d'alcool, de même densité que l'huile en expérience, est injectée sous forme de petits globules, que le microscope situe en profondeur.

La bille intérieure est entraînée à vitesse plus ou moins réduite, et bien constante dans le temps, par un moteur électrique. La déviation angulaire de la sphère extérieure est mesurée par la méthode habituelle de Poggendorff. Les vitesses utilisées sont faibles et comprises entre 20 et 54 tours-minute.

Résultats. — Les huiles employées jusqu'ici sont de l'huile de paraffine de viscosité $\eta = 1,5$ et de l'huile de ricin. Le couple mesuré se montre proportionnel à la vitesse angulaire, mais toujours supérieur au couple calculé d'après la formule classique, avec des écarts toutefois moindres que ceux signalés par Amédée Guillet, et compris entre 3 % et 14 %.

Les filets liquides, révélés par le mouvement des globules, sont toujours des circonférences centrées sur l'axe de rotation et situées dans des plans parallèles

au plan équatorial. Chaque couche sphérique, de rayon r et d'épaisseur dr, semble tourner en bloc ainsi que la théorie classique le prévoit.

Toutefois, ces expériences relatives à la répartition des vitesses suivant la latitude, pour une profondeur donnée, sont extrêmement délicates, et doivent être poursuivies.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur certaines relations quadratiques de la théorie du photon.* Note (¹) de M. **Léon Bloch**.

On sait que dans le cas d'un corpuscule de Dirac (électron par exemple) on a l'identité

$$(1)\qquad \sigma_1 f_1 + \sigma_2 f_2 + \sigma_3 f_3 - \sigma_4 f_4 = 0,$$

$h\vec{\sigma}_i/4\pi$ désignant le quadrivecteur spin, $c\vec{f}$ le courant d'univers.

Nous avons indiqué récemment (²) que dans le cas d'un corpuscule complexe (photon par exemple) obtenu par *fusion* de deux corpuscules de Dirac, on a l'identité analogue

$$(2)\qquad \Sigma_1 F_1 + \Sigma_2 F_2 + \Sigma_3 F_3 - \Sigma_4 F_4 = 0.$$

Nous avons reconnu depuis que l'identité (2) n'avait pas, comme l'identité (1), une validité générale. Elle reste néanmoins exacte dans des cas étendus, en particulier dans le cas important de l'onde monochromatique plane.

Pour le voir posons d'abord avec M. L. de Broglie

$$(3)\qquad \Phi_{ik} = \psi_i \psi'_k,$$

ψ_i et ψ'_k satisfaisant à la même équation de Dirac, dont les matrices α et α' sont toutefois désignées par des symboles différents selon qu'elles agissent sur i ou sur k. Rappelons ensuite la définition des opérateurs photoniques tels que (nous omettons un facteur $1/2$).

$$(4)\qquad F_{\text{op.}} = f_{\text{op.}}\,\alpha'_4 + f'_{\text{op.}}\,\alpha_4, \qquad \Sigma_{\text{op.}} = \sigma_{\text{op.}}\,\alpha'_4 + \sigma'_{\text{op.}}\,\alpha_4,$$

et celle des densités correspondantes

$$(5)\qquad F = \Phi^* F_{\text{op.}}\,\Phi, \qquad \Sigma = \Phi^* \Sigma_{\text{op.}}\,\Phi.$$

Il vient d'après (4) et (5)

$$(6)\qquad \begin{cases} F = f\omega'_1 + f'\omega_1, \\ \Sigma = \sigma\omega'_1 + \sigma'\omega_1, \end{cases}$$

en désignant par ω_1 et ω'_1 les invariants $\psi^*\alpha_4\psi$ et $\psi'^*\alpha'_4\psi'$.

Si nous substituons (6) dans (2) nous obtenons une forme quadrique en ω_1

(¹) Séance du 27 novembre 1946.

(²) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 240.

et ω'_1. Les coefficients des termes carrés sont nuls en vertu de (1), mais il reste, comme coefficient du terme *rectangle*, l'expression

$$(7)\qquad \Theta = \sum_{1}^{3}{}_{l}(\sigma_l f'_l + \sigma'_l f_l) - (\sigma_4 f'_4 + \sigma'_4 f_4)$$

qui n'est pas nulle en général.

Il y a un cas évident où $\Theta = 0$ et où la formule (2) s'applique, c'est celui où $\psi' = \psi$.

En dehors de ce cas spécial, on vérifie que $\Theta = 0$ dans le cas de l'onde plane monochromatique ([3]). Il suffit pour le voir de porter dans (7) les valeurs données par M. L. de Broglie pour σ_l, f_l, σ'_l, f'_l dans le cas de l'onde plane monochromatique.

Les deux autres relations quadratiqnes valables pour l'électron

$$(8)\qquad \sum_{1}^{3}{}_{l} f_l^2 - f_4^2 = -(\omega_1^2 + \omega_2^2),$$

$$(9)\qquad \sum_{1}^{3}{}_{l} \sigma_l^2 - \sigma_4^2 = +(\omega_1^2 + \omega_2^2)$$

ne s'étendent pas non plus d'elles-mêmes au cas du photon. La première donne lieu à des termes rectangles qui s'annulent dans le cas de l'onde plane monochromatique, mais il n'en est pas de même de la seconde. Ainsi donc, s'il s'agit d'ondes planes, les vecteurs F et Σ, tout en restant perpendiculaires l'un à l'autre, n'ont pas, dans le cas du photon, des *grandeurs absolues* égales comme dans le cas de l'électron. Cette différence disparaît pratiquement si la vitesse de la particule complexe est faible par rapport à celle de la lumière.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Espace spinoriel et théorie des sous-spineurs.* Note de M. **Bernard Kwal.**

1. Nous avons montré ([1]) qu'au couple spinoriel ξ_α, $\eta^{\dot\beta}$ ([2]), définissant un certain *espace spinoriel*, correspond un espace particulier dont les éléments sont un quadrupode vectoriel, un tripode bivectoriel et deux scalaires. Remarquons qu'aux dérivations par rapport aux ξ_α et $\eta^{\dot\beta}$ correspondent les dérivations par rapport aux $\xi_{\alpha_1\alpha_2}$, $\xi_\alpha{}^{\dot\beta}$; etc., c'est-à-dire suivant les axes du tétrapode, du tripode et par rapport aux deux scalaires en question.

([3]) L'extension de la formule de Uhlenbeck et Laporte, telle que nous l'avons proposée récemment, n'est, elle aussi, valable que dans le cas de l'onde plane monochromatique.

([1]) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 23; *J. de Physique*, **7**, p. 223; *Recherches sur la mécanique ondulatoire relativiste des corpuscules élémentaires*, Paris, 1946.

([2]) Le lettre $\dot\beta$ se rapporte aux indices pointés de la théorie des spineurs.

2. Il est possible d'envisager un espace spinoriel plus simple et qui possède une analogie plus marquée avec l'espace vectoriel ordinaire de la relativité restreinte, en considérant le spineur $\sigma_\alpha = 1/2(\xi_\alpha + \eta_{\dot\alpha})$ qui n'est pas isotrope $(\sigma_\alpha \sigma^\alpha = \xi_\alpha \eta^\alpha \neq 0)$. Si σ_α est un *spineur de temps*, le spineur $\sigma'_\alpha = 1/2(\xi_\alpha - \eta_{\dot\alpha})$ est un *spineur d'espace*, et réciproquement. L'espace spinoriel Σ, ici en cause, sera celui de la grandeur $(\sigma_\alpha, \sigma^\beta)$.

3. Dans l'espace vectoriel de la relativité restreinte, parmi les équations aux dérivées partielles les plus simples, auxquelles on puisse donner une signification physique, figurent les équations d'onde du corpuscule de spin 1, la considération d'équations du type de Dirac nécessitant l'intervention des demi-vecteurs. Un phénomène analogue se produit dans l'espace spinoriel Σ. Parmi les équations les plus simples, nous aurons les équations du type suivant :

$$(1) \qquad \frac{\partial \psi_{\alpha_1}}{\partial \sigma_{\alpha_2}} = \varkappa \psi_{\alpha_1}{}^{\alpha_2}, \qquad \frac{\partial \psi_\alpha}{\partial \sigma^\beta} = \varkappa \psi_{\alpha\beta}, \qquad \frac{\partial \psi_{\alpha_1}{}^{\alpha_2}}{\partial \sigma^{\alpha_2}} = \varkappa \psi_{\alpha_1}, \qquad \ldots$$

4. L'introduction dans l'espace Σ des équations du type de Dirac n'est possible qu'à condition d'envisager les *demi-spineurs*. Le couple demi-spinoriel ${}^{1,2}\xi_\alpha$, ${}^{1,2}\eta^\beta$ sera défini par les relations suivantes :

$$(2) \qquad \begin{cases} {}^{1,2}\xi_1\,{}^{1,2}\xi_{\dot 1} = \frac{1}{2}(\xi_1 + \xi_{\dot 1}), & {}^{1,2}\xi_1\,{}^{1,2}\xi_{\dot 2} = \xi_2, & {}^{1,2}\xi_2\,{}^{1,2}\xi_{\dot 2} = \frac{i}{2}(\xi_1 - \xi_{\dot 1}); \\ {}^{1,2}\eta_1\,{}^{1,2}\eta_{\dot 1} = \frac{1}{2}(\eta_1 + \eta_{\dot 1}), & {}^{1,2}\eta_1\,{}^{1,2}\eta_{\dot 2} = \eta_2, & {}^{1,2}\eta_2\,{}^{1,2}\eta_{\dot 2} = \frac{i}{2}(\eta_1 - \eta_{\dot 1}) \end{cases}$$

et nous poserons

$$(3) \qquad {}^{1,2}\varpi_{1\dot 1} = \frac{1}{2}(\partial_{\sigma_1} + \partial_{\sigma_{\dot 1}}), \qquad {}^{1,2}\varpi_{1\dot 2} = \partial_{\sigma_2}, \qquad {}^{1,2}\varpi_{2\dot 2} = \frac{i}{2}(\partial_{\sigma_1} - \partial_{\sigma_{\dot 1}}),$$

de sorte que le système (1) s'écrive ${}^{1,2}\varpi^{\beta\alpha_2}\psi^{\alpha_1}{}_\beta = \varkappa \psi^{\alpha_1\alpha_2}$, ...

5. De l'existence des demi-spineurs dans l'espace spinoriel nous pouvons inférer celle de l'espace demi-spinoriel, où il est aisé de définir à leur tour des sous-spineurs d'ordre 1/4. Ainsi, de proche en proche, aboutirons-nous aux sous-spineurs d'ordre 2^{-n} dont les formes quadratiques, ou sous-spineurs d'ordre 2^{-n} et de rang 2, donnent naissance à un quadrupode sous-spinoriel d'ordre 2^{-n-1}, un tripode et à deux scalaires.

6. L'échelle des nouvelles grandeurs, ainsi définies, ne s'arrête pas en haut par les spineurs, car on peut définir également les *sur-spineurs*. Ainsi, à partir des quatre composantes réelles d'un quadrivecteur, formerons-nous un sur-spineur d'ordre 2, de la manière que voici

$$(4) \qquad \begin{cases} W_1 = V_4 - V_3 + i(V_4 + V_3), & W_2 = V_1 + iV_2. \\ W_{\dot 1} = V_4 - V_3 - i(V_4 + V_3), & W_{\dot 2} = V_1 + iV_2. \end{cases}$$

Nous donnerons dans une autre Note quelques applications de cette généralisation du calcul spinoriel, à la théorie des corpuscules à spin.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la variation séculaire des éléments planétaires.* Note de Mlle **Denise Roi**, présentée par M. Jean Chazy.

Les coefficients du développement de la partie séculaire des éléments planétaires, de forme $\Sigma\mu_n \sin(\nu_n t + \varphi_n)$, ont été calculés à diverses époques pour l'ensemble des n planètes connues. Les résultats les plus récents sont, à notre connaissance, ceux de Stockwell (1); ils remontent à 1870 et ne concernent que les huit planètes alors connues. La découverte de Pluton apportant un nouvel élément à ce calcul, je l'ai repris pour les neuf planètes.

Dans ce nouveau calcul, les données relatives aux huit premières planètes sont celles de la *Connaissance des Temps*; les données relatives à Pluton sont celles de Nicholson (2); le système de référence est le plan invariable 1900,0.

Le calcul des coefficients a été fait parallèlement pour les inclinaisons et longitudes des nœuds, et pour les excentricités et longitudes des périhélies. La précision des données, en supposant toutes les masses déterminées à 1.10^{-6}, permet de calculer les phases φ au dixième de seconde, les fréquences ν et les amplitudes μ à 6 chiffres décimaux. En réalité, les masses de Mercure et de Pluton sont mal connues; en supposant leurs variations petites, de l'ordre de $0{,}01.10^{-6}$ masse solaire, le calcul montre que les précisions sont encore de 1.10^{-3} pour les fréquences et de 1.10^{-4} pour les amplitudes.

Sauf les changements apportés par la présence de Pluton, les nouveaux résultats sont en bonne concordance avec ceux de Stockwell.

Planètes éloignées de Pluton, Saturne comprise. — Le terme de plus petite fréquence de Stockwell est remplacé par deux termes de fréquences voisines, dont les amplitudes sont du même ordre de grandeur que les amplitudes primitives. Les autres fréquences, phases et amplitudes ne sont pas sensiblement modifiées. Toutefois le résultat de Stockwell concernant Jupiter et Saturne, dont les nœuds auraient eu même moyen mouvement, n'est pas retrouvé. Enfin, pour la Terre, l'inclinaison maximum devient 2°20′ au lieu de 3°6′.

Uranus et Neptune. — Pour Uranus, l'influence de Pluton est déjà sensible sur les amplitudes relatives aux fréquences inchangées, mais l'allure des développements reste la même.

Au contraire, pour Neptune, les amplitudes relatives aux nouvelles fréquences deviennent, relativement aux autres amplitudes, très fortes, surtout pour les inclinaisons et longitudes des nœuds. De plus les limites maxima d'inclinaisons et d'excentricités sont nettement supérieures à celles de Stockwell, les limites minima nettement inférieures. En négligeant les amplitudes inférieures à 1.10^{-4}, la variation de l'inclinaison φ et de la longitude du nœud Ω

---

(1) *Smithsonian contributions to knowledge*, **18**, 1873.
(2) *Astronomical Journal*, 1931, n° 3.

ne comprend plus que 3 termes, ce qui donne :

$$\begin{aligned}\sin\varphi\sin\Omega = &- 0{,}0021 \sin(-2'',910\, t + 318^\circ 34' 11'',7)\\ &- 0{,}0326 \sin(-0'',920\, t + 105^\circ 16' \; 3'',3)\\ &+ 0{,}0312 \sin(-0'',609\, t + 127^\circ 29' 49'',4),\end{aligned}$$

φ variant entre $+3^\circ 50'$ et $-3^\circ 50'$ au lieu de $+0^\circ 47'$ et $+0^\circ 34'$.

Pour l'excentricité et la longitude du périhélie, les neuf amplitudes sont plus uniformes, les limites de e sont 0,059 et 0,0003 au lieu de 0,007 et 0,006.

Pluton. — Les caractéristiques des développements relatifs aux éléments de Neptune sont encore renforcées pour Pluton : amplitudes relatives des petites fréquences très fortes, larges limites d'inclinaison et d'excentricité. Les développements sont les suivants :

$$\begin{aligned}\sin\varphi\sin\Omega = &+ 0{,}1790 \sin(-0'',920\, t + 105^\circ 16' \; 3'',3)\\ &+ 0{,}0921 \sin(-0'',609\, t + 127^\circ 29' 49'',4),\end{aligned}$$

φ variant entre $15^\circ 45'$ et $3^\circ 50'$ et Ω ayant pour moyen mouvement $0'',920$;

$$\begin{aligned}e\sin\varpi = &+ 0{,}0002 \sin(+2'',705\, t + \; 31^\circ 24' 53'')\\ &+ 0{,}1885 \sin(+0'',894\, t + 231^\circ \; 4' 28'')\\ &+ 0{,}0620 \sin(+0'',589\, t + 209^\circ 18' \; 6''),\end{aligned}$$

e variant entre 0,251 et 0,126 et ϖ ayant pour moyen mouvement $0'',893$.

GÉODÉSIE. — *Projection conforme de déformation minima au voisinage d'une courbe. Application au calcul de la correction de Givry.* Note de M. **Pierre Allard**, présentée par M. Donatien Cot.

1. En partant de l'équation aux dérivées partielles de la surface indicatrice des altérations linéaires ([1]), on peut construire entièrement la projection conforme remplissant la condition générale suivante : étant donnée une courbe ($\mathcal{L}$) tracée sur la surface projetée, l'altération linéaire et la dérivée première de cette altération linéaire sont nulles sur la courbe ($\mathcal{L}$); nous définissons ainsi la représentation conforme de déformation minima basée sur cette courbe. A titre d'exemple, nous étudierons sommairement le cas où la courbe ($\mathcal{L}$) est une loxodromie : ce qui donne un procédé nouveau de calcul de la correction de Givry sur l'ellipsoïde.

2. Adoptant les notations de M. J. Laborde, l'équations aux dérivées partielles du second ordre de la surface indicatrice est :

$$(1) \quad (1+Z)\left(\frac{\partial^2 Z}{\partial s^2} + \frac{\partial^2 Z}{\partial t^2}\right) + (1+Z)\left(\delta\frac{\partial Z}{\partial s} + \gamma\frac{\partial Z}{\partial t}\right) - \left[\left(\frac{\partial Z}{\partial s}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial t}\right)^2\right] = \frac{(1+Z)^2}{N\rho}.$$

([1]) Notion introduite par M. J. Laborde. Cf. L. Driencourt et J. Laborde, *Traité des Projections des Cartes géographiques à l'usage des Cartographes et des Géodésiens* Fascicule IV.

Dans les conditions d'application du théorème de Cauchy, il existe une solution et une seule passant par une courbe donnée et ayant un plan tangent donné le long de cette courbe. La projection de déformation minima correspond à la solution $Z(s, t)$ tangente à la surface le long de la courbe de base $(\mathcal{L})$ et nulle en tout point de cette courbe.

Pour un ellipsoïde de révolution, la projection unique ainsi définie est celle de Mercator quand $(\mathcal{L})$ est l'équateur, la projection conforme de Gauss quand $(\mathcal{L})$ est un méridien, la projection conique conforme de Lambert si $(\mathcal{L})$ est un parallèle et une généralisation de la projection cylindrique oblique dans le cas où $(\mathcal{L})$ est une géodésique (cartes aériennes de M. L. Kahn) [2].

Soient (s_0, t_0) les coordonnées d'un point m_0 de $(\mathcal{L})$ et z_0 l'angle de la tangente et du méridien en ce point, (s, t) les coordonnées d'un point m voisin sur l'ellipsoïde; la structure de la projection conforme de déformation minima axée sur la courbe $(\mathcal{L})$ est définie par le développement en série :

$$(2)\qquad Z = \frac{1}{2}[\mathcal{R}(s-s_0)^2 + 2\mathcal{S}(s-s_0)(t-t_0) + \mathcal{T}(t-t_0)^2] + \frac{1}{6}[\mathcal{U}(s-s_0)^3 + \ldots] + \ldots,$$

où pour satisfaire à l'équation (1) et aux conditions initiales imposées, on a :

$$\mathcal{R} = \frac{1}{N\rho}\sin^2 z_0, \qquad \mathcal{S} = -\frac{1}{N\rho}\sin z_0 \cos z_0, \qquad \mathcal{T} = \frac{1}{N\rho}\cos^2 z_0;$$

$$\mathcal{U} = \frac{\sin z_0}{a^2}\left[\frac{\sin z_0 \operatorname{tg} L}{a} + \cos z_0(3\cos^2 z_0 - \sin^2 z_0)\left(\frac{dz}{ds}\right)_0\right], \cdots \quad [3]$$

La partie principale de l'altération linéaire est $(m_0 m)^2/2N\rho$; elle ne dépend que de la distance à la courbe $(\mathcal{L})$ et de la courbure totale de l'ellipsoïde. La courbure de la projection d'une courbe quelconque de courbure géodésique c est :

$$\mathcal{C} = \frac{c}{1+Z} + \frac{1}{(1+Z)^2}\frac{dZ}{dn} \qquad \left(\frac{dZ}{dn} \text{ dérivée prise suivant la normale}\right).$$

En particulier, la courbure de la projection de $(\mathcal{L})$ est égale à la courbure géodésique de cette courbe sur la surface. Cette formule permet le calcul des courbures des projections des méridiens et des parallèles et, par suite, la construction des tables de la projection.

3. *Exemple.* — $(\mathcal{L})$ est une loxodromie. Soit V l'angle sous lequel la loxodromie coupe les méridiens; sa courbure géodésique $\gamma = (\operatorname{tang} L/N)\sin V$ se conserve en projection. Soient A, B deux points de cette loxodromie, considérons la géodésique qui les joint : la partie principale de sa courbure en projection se réduit à $(m_0 m)/N\rho$, quantité du 2e ordre par rapport à l'arc l de loxodromie.

α, correction de Givry en A, est la somme des angles de la loxodromie et de

---

(2) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 496; **187**, 1928, p. 284; **188**, 1929, p. 775.

(3) Dans l'expression de $\mathcal{U}$, $\mathcal{V}$... on a négligé l'excentricité.

la géodésique avec la corde rectiligne sur la projection. Si l'on néglige le 3e ordre, l'angle de la géodésique n'intervient pas et l'on a :

$$(3) \qquad \alpha = \frac{1}{2}\gamma_3 l \qquad (\gamma_3,\ \text{courbure géodésique au tiers de AB à partir de A}).$$

La différence ε entre les longueurs de la loxodromie et de la géodésique est, au 5e ordre près, la différence entre la loxodromie et la corde en projection : en effet, l'altération d'échelle introduit seulement un terme du 5e ordre et la courbure en projection, un terme du 7e ordre. On a :

$$(4) \qquad \varepsilon = \frac{1}{24}(\gamma_2)^2 l^3 \qquad (\gamma_2,\ \text{courbure géodésique au milieu de AB}).$$

Avec les notations classiques, les formules (3) et (4) deviennent aux 3e et 5e ordres près respectivement :

$$\alpha = \frac{\Delta M}{2}\sin L_m - \frac{\Delta M^2}{12}\cot V(1 + e'^2\cos^4 L),$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta M^2}{24} l \sin^2 L_m,$$

ΔM, différence des longitudes de A et de B; L_m, latitude moyenne et $e'^2 = e^2/(1 - e^2)$.

La méthode ci-dessus permettrait le calcul des termes suivants du développement. On aurait pu considérer aussi la projection de déformation minima basée sur la géodésique : la transformée de la loxodromie dans cette projection aurait fourni les mêmes résultats pour α et ε.

PHYSIQUE. — *A propos de la représentation d'une loi expérimentale par une loi approchée et une courbe d'écart.* Note (¹) M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. *a*. Lorsqu'on étalonne un appareil de mesure, il est classique de ne pas porter en ordonnées les valeurs exactes de la grandeur G correspondant aux lectures G′ faites sur l'appareil et portées en abscisses, le graphique ressemblant trop, alors, à la première bissectrice des axes; mais on construit la *courbe d'écart* donnant, pour chaque valeur G′, la différence entre ce qu'aurait dû indiquer l'instrument, soit G, et ce qu'il a effectivement indiqué, soit G′.

Certains utilisateurs, peu au fait des usages des laboratoires, ont reproché à ce mode de présentation son *incertitude*, car on ne peut, disent-ils, se rappeler toujours si l'on a porté en ordonnées (G — G′) ou (G′ — G).

L'objection ne vaut rien, la règle mnémonique ci-après étant d'une *irrésistible*

(¹) Séance du 2 décembre 1946.

logique : on a besoin de savoir à quelle valeur exacte G correspond véritablement la valeur G′ lue sur le cadran. Il faut donc savoir quelle rectification on doit apporter à G′ pour obtenir la valeur vraie. Et cette rectification, c'est d'ajouter à la valeur brute G′ qui est la donnée objective de l'observation, et donc la donnée *primaire*, une *correction* qui, du fait qu'elle corrige, doit conduire à la valeur exacte

$$\text{Valeur exacte} = \text{Valeur lue} + \text{Correction}.$$

C'est la correction, ainsi définie, et qui apparaît avec une impérieuse nécessité comme la notion *la plus* fondamentale, qui sera prise comme *écart*; et c'est de cette façon que l'on doit construire une courbe d'écart, si l'on veut être *assuré* de ne pouvoir se tromper dans son interprétation. Et il faut la construire en portant en abscisses les valeurs lues G′, parce que c'est plus objectif.

b. Il est très tentant d'appliquer ce mode de représentation à *toute* loi expérimentale ; constatant, par exemple, qu'une formule du 2e ou de 3e degré paraît bien traduire l'allure du phénomène étudié, on pense à tracer la courbe donnant la différence

$$\text{écart } \delta = \text{ordonnée réelle } Y - \text{ordonnée calculée approchée } y.$$

Nous avions en particulier essayé cette procédure pour la loi de refroidissement spontané dans l'air ambiant, d'un cylindre de fer chauffé dont les dimensions se comptaient en centimètres, loi dont nous désirions avoir la *dérivée* par rapport au temps.

La grande échelle possible pour δ permettait de *régulariser* facilement les points expérimentaux, de sorte que la courbe d'écart paraissait devoir être connue avec beaucoup de précision et de sécurité.

Or, la dérivation (algébrique pour la loi approchée; graphique pour la courbe d'écart) nous a mis en présence d'une loi paradoxale paraissant prouver l'intervention de phénomènes parasites peu explicables, et qui ont totalement disparu lorsque, selon la méthode (2) que nous avons créée, nous avons dérivé expérimentalement à partir des mesures *elles-mêmes*, sans l'intervention d'aucune formule algébrique.

II. *a.* L'explication réside dans cette propriété déconcertante des *fonctions régulières* [définies avec précision (3) par les conditions de signe imposées aux différences successives des ordonnées équidistantes], que la *somme* de deux fonctions régulières est certainement une fonction régulière, tandis que leur *différence* peut présenter les pires irrégularités.

---

(2) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 579.

(3) Cf. Cours sur les séries divergentes professé dans l'été 1946, à l'Institut de Mécanique de la Faculté des sciences de Paris.

Or, en traçant la courbe δ, nous avions cherché instinctivement à la rendre aussi régulière que possible; et c'est ainsi, en appliquant à tort une condition qui paraissait toute naturelle, que nous avions apporté à un phénomène physique une grave *déformation* de pure fantaisie.

On peut sans doute permettre *toujours* de tracer le graphique donnant l'écart d'un phénomène expérimental par rapport à une loi *linéaire*, car ainsi on ne déforme rien. Mais il faut se méfier de toute autre courbe d'écart pour le dépouillement d'une expérience.

Ou bien on régularisera par un *graphique* formé à partir des points expérimentaux eux-mêmes (éventuellement, à une expression linéaire près); ou bien on opérera par le calcul, *identifiant*, sans courbe d'écart, la loi expérimentale avec une loi de forme analytique donnée, comportant éventuellement des coefficients non encore déterminés ([4]), au moyen de la méthode de l'identification des *valeurs moyennes* dans les intervalles partiels successifs ([5]).

c. Pourquoi, alors, les résultats sont-ils excellents dans le cas des courbes d'*étalonnage*? c'est que l'écart a alors, par lui-même, une signification physique; il est lui-même un phénomène *concret*, et, comme tel, il a nécessairement une certaine régularité [cette régularité est si assurée que nous avons même pu fonder sur elle la détermination de diverses grandeurs physiques ([6])].

Ainsi, la courbe de déviation du *compas magnétique*, qui donne les écarts systématiques de ce compas, représente l'*effet* direct des perturbations apportées par l'aimantation des objets existant à bord.

Ce n'est pas la courbe qui est la *différence* entre les valeurs vraies des orientations et les valeurs indiquées par le compas. Ce sont les valeurs vraies qui sont la *somme* de deux phénomènes physiques *réels*, l'effet du champ terrestre, et l'effet des perturbations.

On peut faire la même remarque à propos de tous les appareils de mesure; mais la courbe d'écart pourrait être à prohiber si la graduation ne représentait qu'un phénomène *fictif*, parce que, par exemple, on aurait voulu trop bien faire en ne l'établissant pas comme fonction simplement linéaire de l'angle.

ACOUSTIQUE. — *Variation des propriétés acoustiques des matériaux en fonction des conditions d'emploi.* Note de M. **Pierre Liénard**, présentée par M. Henri Béghin.

J'ai décrit dans une précédente Note ([1]) une méthode de résonance à deux tuyaux sonores accordés pour la mesure des coefficients de transmission et de réflexion des énergies acoustiques.

([4]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 55.

([5]) *Comptes rendus*, **210**, 1940, pp. 329, 475, 565.

([6]) *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, fasc. **192**, p. 29.

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 889.

La comparaison des résultats obtenus par cette méthode avec ceux donnés par d'autres méthodes montre des différences sensibles pour certains matériaux et, pour d'autres, un accord satisfaisant.

J'ai mesuré en particulier par la méthode de résonance les coefficients acoustiques d'échantillons de divers feutres utilisés dans la construction aéronautique, découpés dans les panneaux mêmes étudiés par M. Canac au Centre de Recherches Scientifiques de Marseille; on élimine ainsi l'influence de l'hétérogénéité de ces produits; cependant il arrive encore que deux échantillons découpés côte à côte dans le même panneau donnent des résultats différents.

J'ai cherché à déterminer l'influence des conditions d'essai sur les coefficients mesurés.

Les facteurs intervenant dans le mécanisme d'une cloison qui vibre, outre la fréquence, sont les suivants :

1° Caractéristiques extérieures au matériau : Impédance placée derrière l'échantillon. Surface utilisée. Encastrement plus ou moins serré sur les bords ou fixation d'ensemble. Intensité acoustique reçue.

2° Caractéristiques intrinsèques du matériau : Porosité. Densité. Élasticité. Frottement intérieur.

La transmission acoustique s'effectue par trois effets *simples* : Porosité (transmission par les canaux qui traversent la cloison, la matière solide qui les entoure restant immobile). Compressibilité (plan moyen de la cloison immobile, ondes s'y propageant suivant les lois générales de propagation dans les milieux isotropes). Flexibilité (plaque ou membrane vibrante élastique et incompressible). Le cas le plus général est une combinaison de ces divers effets suivant les caractéristiques qui se trouvent réunies.

En faisant intervenir la compressibilité seule, la proportion d'énergie réfléchie sur la surface de séparation de l'air, de résistivité acoustique ρc, et d'un milieu d'impédance spécifique Z, et la proportion d'énergie transmise dans le second milieu, sont données respectivement par

$$\left(\frac{Z-\rho c}{Z+\rho c}\right)^2 \quad \text{et} \quad \frac{4\rho c Z}{(Z+\rho c)^2} \quad \text{(Foch, Beranek, Zwikker)},$$

la proportion d'énergie transmise à travers une cloison baignée par l'air étant ainsi

$$T=\frac{(4\rho c Z)^2}{(Z+\rho c)^4}.$$

En tenant compte de l'amortissement, Zwikker ([2]) obtient une relation plus complète.

Au cours du travail résumé dans la précédente Note, le coefficient de

([2]) *Akust. Zeits.*, janvier 1943.

transmission a été calculé en tenant compte uniquement de la flexibilité de la cloison mince et incompressible.

Si S est sa surface, *m* la masse et *r* l'amortissement de cette cloison considérée comme un oscillateur, le coefficient de transmission pour la pulsation ω est

$$T = \frac{(2\rho c S)^2}{(r + 2\rho c S)^2 + m^2\omega^2\left(1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}\right)^2}, \quad \text{[Kawaschima (}^2\text{)]},$$

ω_0 étant la pulsation propre de la cloison.

J'ai mesuré par la méthode précédemment décrite, à la fréquence 250 hz., les coefficients de réflexion et de transmission d'une vingtaine de produits très divers, en faisant varier soit l'impédance de sortie, soit la rigidité de la fixation de l'échantillon (serrage latéral plus ou moins rigide, ou serrage par cloisonnement sur la surface), soit l'intensité acoustique émise. Le même matériau présente dans ces différents cas des coefficients très variables; c'est ainsi que le coefficient de réflexion varie de 6 à 74 % pour le feutre *Seapack A*, de 25 à 98 % pour la toile, de 1 à 96 % pour l'aluminium de 1/10 de mm, le coefficient de transmission de 70 à 2 %, de 30 à 10 %, de 95 % à 1/1000, pour ces mêmes cloisons.

Pour la plupart des corps, la compressibilité n'intervient pratiquement pas. Elle intervient pour les corps comme les feutres placés contre une paroi rigide (dalle d'acier). Les mesures faites dans ce cas sont en accord avec celles obtenues par d'autres méthodes : en effet la surface utilisée et le serrage périphérique interviennent alors très peu.

La flexibilité est donc le phénomène primordial pour la transmission.

Les résultats des mesures sont en accord avec les conséquences des études théoriques.

En particulier, quand la rigidité du serrage est augmentée, le coefficient de réflexion croît, le coefficient de transmission décroît. Ainsi, une cloison pourra présenter les mêmes caractéristiques qu'une autre beaucoup plus épaisse essayée dans des conditions de fixation plus lâches.

L'équation ci-dessus montre que T dépend du rapport ω_0/ω de la pulsation propre de la cloison à la pulsation d'essai, et non de la fréquence d'essai, seule indiquée dans la plupart des résultats d'expériences.

En fonction de l'intensité acoustique reçue, les coefficients acoustiques varient peu pour des cloisons rigides. La réflexion diminue, la transmission et l'absorption augmentent quand l'intensité croît.

En conclusion, on ne peut exprimer les coefficients acoustiques d'un produit en fonction de ses propriétés physiques seules.

On ne peut atteindre des coefficients intrinsèques que dans le cas de maté-

(2) *Journ. of the Acoust. Soc. of Am.*, juillet 1940 et janvier 1941.

riaux compressibles disposés contre une paroi absolument rigide (absorption par réflexion), ou dans le cas d'échantillons tels que le rapport ω_0/ω soit négligeable (échantillon cloisonné en très grandes surfaces), ou pratiquement infini (valeurs limites des coefficients pour un échantillon cloisonné en surfaces de plus en plus petites).

En tenant compte de ces remarques, il serait possible de normaliser les essais acoustiques et d'atteindre des coefficients caractéristiques.

MAGNÉTISME. — *Variation thermique de l'aimantation spontanée.* Note (1) de M. **Charles Guillaud**, présentée par M. Aimé Cotton.

D'après P. Weiss, les corps ferromagnétiques peuvent prendre une aimantation finie, appelée aimantation spontanée, en l'absence de champ extérieur, sous l'influence du champ moléculaire. Cette hypothèse qui est à la base de la théorie actuelle du ferromagnétisme conduit à la formule de Langevin quantifiée.

Nous pouvons contrôler cette théorie par l'expérience (2). A cet effet nous avons déterminé l'aimantation σ_s (aimantation spontanée obtenue par intrapolation jusqu'à $H = 0$) aux différentes températures T, des composés définis : Mn_4N, Mn_2Sb, Fe_4N, CrTe, CrO_2, MnAs MnP et tracé sur la figure 1 les courbes expérimentales σ_s/σ_0 en fonction de T/θ (σ_0 étant l'aimantation spontanée à 0°K et θ le point de Curie). Sont représentées également sur cette figure les courbes calculées en donnant au moment cinétique j les valeurs 1/2, 1, 2, 3, et ∞ (théorie classique). La figure 1 permet de se rendre compte qu'il y a de très grands écarts entre l'expérience et la théorie, cette dernière est sinon erronée, tout au moins incomplète.

Pour tenter une explication des résultats, nous émettrons quelques hypothèses. Nous avons déjà interprété les résultats relatifs à Mn_2Sb (3), qui cristallise dans le système quadratique, en admettant deux espèces d'atomes de manganèse placés antiparallèlement. Les atomes Mn_I, du plan 001, dans l'état $3d^5$, $4s^2$ et les atomes Mn_{II} dans un mélange d'états $3d^5$, $4s^2$ et $3d^7$. De plus nous avons retenu l'hypothèse supplémentaire suivante qui explique aussi les propriétés paramagnétiques : le rapport des atomes Mn_{II} à l'état $3d^5$, $4s^2$ au nombre total des atomes Mn_{II} dépend de la température, ces derniers s'enrichissent en $3d^7$ quand la température s'abaisse. M. Foëx avait émis une hypothèse semblable pour expliquer le paramagnétisme de MnSi (4).

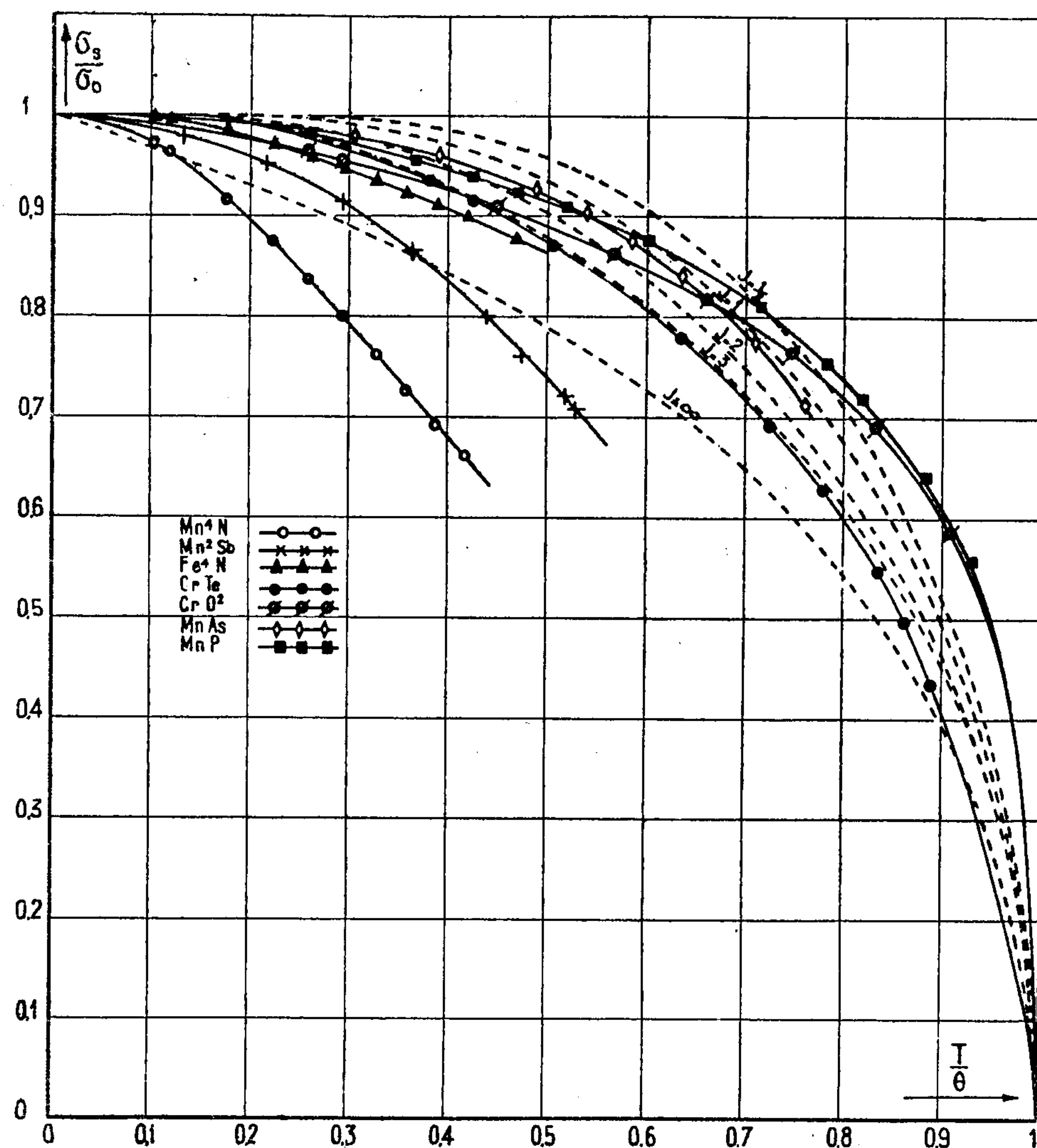
(1) Séance du 9 décembre 1946.

(2) Pour la méthode de calcul, consulter par exemple R. Becker et W. Döring, *Ferromagnetismus*, Berlin, 1939.

(3) *Thèse*, Strasbourg, 1943.

(4) *Journ. de Physique*, 9, 1938, p. 37.

Le composé défini Mn_4N cristallise dans le réseau du cube à faces centrées, les atomes de Mn occupant les sommets du cube et les centres des faces, l'atome d'azote étant au centre de la maille cubique élémentaire. Les quatre



atomes de manganèse ne sont donc pas identiques quant aux voisins. Dans ce composé le moment de l'atome de Mn n'est que de 1 μW ([5]), alors que les moments des atomes de Mn, dans les alliages que nous avons étudiés, dépassent 10 μW. Nous retiendrons ici encore une disposition antiparallèle et un mélange d'états fonction de la température. Le mécanisme de l'antiferro-magnétisme pourrait aussi fournir une explication possible, indépendante de l'hypothèse d'une variation continue d'états.

([5]) CHARLES GUILLAUD, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 71.

Le cas du composé défini Fe_4N est particulièrement intéressant ; il cristallise dans le même réseau que Mn_4N avec même disposition relative des atomes de métal et d'azote. Dans ce composé le moment (6) de l'atome de fer (à $T = 0°K.$ et $H = \infty$) est identique à celui du fer pur, mais l'aimantation spontanée du fer pur conduit à une courbe se confondant avec celle obtenue avec $j = 1/2$, alors que pour Fe_4N la courbe expérimentale conduit à $j > 3$. L'hypothèse d'une variation de moment fournit encore là une explication plausible (l'acquisition d'un électron diminue le moment d'un magnéton de Bohr).

Nous ajouterons enfin à ces résultats ceux obtenus avec MnAs, MnSb, MnBi, qui cristallisent tous trois dans le même réseau (type NiAs). Les trois courbes sont confondues et nous avons montré que dans ces trois composés le manganèse était dans l'état $3d^7$ non ionisé (7).

OPTIQUE. — *Formules de récurrence et deux théorèmes relatifs à la lumière réfléchie et transmise par un empilement de lames minces à faces parallèles.* Note de M. **Florin Abelès**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons donné, dans une précédente Note (1), des formules de récurrence déduites des équations de Maxwell. Nous montrerons maintenant que l'on peut en déduire d'autres, en sommant simplement les amplitudes (complexes) des rayons réfléchis un nombre inégal de fois. C'est, en somme, la généralisation du procédé classique, utilisé déjà par Fresnel. Il peut être utile, dans certains cas, d'avoir deux séries de formules de récurrence différentes.

Les notations sont celles déjà adoptées, en remarquant pourtant qu'une quantité suivie de l'exposant *prime* se rapporte à la lumière se propageant du support vers l'air. J'ai démontré que

$$ {}_nr = {}_{n-1}r + {}_{n-1}t \times {}_{n-1}t' \times r_{n+1}\, e^{-i\alpha_n}\left[1 + {}_{n-1}r' \times r_{n+1}\, e^{-i\alpha_n} + ({}_{n-1}r' \times r_{n+1})^2\, e^{-i2\alpha_n} + \ldots\right], $$

$$ {}_nr = {}_{n-1}r + \frac{{}_{n-1}t \times {}_{n-1}t' \times r_{n+1}\, e^{-i\alpha_n}}{1 - {}_{n-1}r' \times r_{n+1}\, e^{-i\alpha_n}} = \frac{{}_{n-1}r + ({}_{n-1}t \times {}_{n-1}t' - {}_{n-1}r \times {}_{n-1}r')\, r_{n+1}\, e^{-i\alpha_n}}{1 - {}_{n-1}r' \times r_{n+1}\, e^{-i\alpha_n}}, $$

$$ {}_nt = {}_{n-1}t \times t_{n+1}\, e^{-i\frac{\alpha_n}{2}}\left[1 + {}_{n-1}r' \times r_{n+1}\, e^{-i\alpha_n} + ({}_{n-1}r' \times r_{n+1})^2\, e^{-i2\alpha_n} + \ldots\right] = \frac{{}_{n-1}t \times t_{n+1}\, e^{-i\frac{\alpha_n}{2}}}{1 - {}_{n-1}r' \times r_{n+1}\, e^{-i\alpha_n}}. $$

De même,

$$ {}_nr' = r'_{n+1} + t_{n+1} \times t'_{n+1} \times {}_{n-1}r'\, e^{-i\alpha_n}\left[1 + {}_{n-1}r' \times r_{n+1}\, e^{-i\alpha_n} + ({}_{n-1}r' \times r_{n+1})^2\, e^{-i2\alpha_n} + \ldots\right], $$

$$ {}_nr' = \frac{r'_{n+1} + {}_{n-1}r'(t_{n+1} \times t'_{n+1} - r_{n+1} \times r'_{n+1})\, e^{-i\alpha_n}}{1 - {}_{n-1}r' \times r_{n+1}\, e^{-i\alpha_n}}, $$

$$ {}_nt' = {}_{n-1}t' \times t'_{n+1}\, e^{-i\frac{\alpha_n}{2}}\left[1 + {}_{n-1}r' \times r_{n+1}\, e^{-i\alpha_n} + ({}_{n-1}r' \times r_{n+1})^2\, e^{-i2\alpha_n} + \ldots\right] = \frac{{}_{n-1}t' \times t'_{n+1}\, e^{-i\frac{\alpha_n}{2}}}{1 - {}_{n-1}r' \times r_{n+1}\, e^{-i\alpha_n}}. $$

(6) Charles Guillaud, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1170.

(7) Charles Guillaud, *Thèse*, Strasbourg, 1943.

(1) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 891.

Ces formules sont aussi générales que celles déjà données; c'est-à-dire qu'elles sont valables pour un angle d'incidence et une polarisation de la lumière incidente quelconques, et pour des substances absorbantes ou non. J'ai vérifié qu'elles conduisent aux mêmes résultats que celles déjà données dans le cas d'une et deux couches.

De ces formules on déduit les théorèmes suivants :

THÉORÈME 1. — *Quels que soient le nombre des couches, les substances dont elles sont formées, la polarisation de la lumière incidente et son angle d'incidence, on a toujours* $T_n = T'_n$.

En effet, il résulte de ce qui précède que

$$\frac{{}_nt}{{}_nt'} = \prod_{i=1}^{n+1} \frac{t_i}{t'_i}.$$

Mais

$$\frac{t_i}{t'_i} = \frac{n_{i-1}\cos\theta_{i-1}}{n_i\cos\theta_i},$$

donc

$$\frac{{}_nt}{{}_nt'} = \frac{n_0\cos\theta_0}{n_{n+1}\cos\theta_{n+1}}.$$

Or

$$\frac{T_n}{T'_n} = \left(\frac{n_{n+1}\cos\theta_{n+1}}{n_0\cos\theta_0} : \frac{n_0\cos\theta_0}{n_{n+1}\cos\theta_{n+1}}\right) \times \left|\frac{{}_nt}{{}_nt'}\right|^2 = \left(\frac{n_{n+1}\cos\theta_{n+1}}{n_0\cos\theta_0}\right)^2 \times \left(\frac{n_0\cos\theta_0}{n_{n+1}\cos\theta_{n+1}}\right)^2 = 1.$$

C. Q. F. D.

En général, $R_n \neq R'_n$. Si X_n et X'_n sont les facteurs d'absorption des n couches, on a $R_n + X_n + T_n = R'_n + X'_n + T'_n = 1$. Donc $R_n + X_n = R'_n + X'_n$ et $X_n \neq X'_n$. Ceci montre l'importance qu'a le côté exposé à la lumière incidente lorsqu'on s'intéresse à la réflexion ou à l'absorption.

Signalons que des résultats analogues ont été obtenus par Smith dans un travail sur la transmission et la réflexion de la lumière par une pile de glaces (2). Le fait remarquable est que Smith n'envisageait pas les interférences entre les rayons réfléchis plusieurs fois. Ceci permet de généraliser ce théorème au cas d'une pile de lames minces ou non, diffusantes ou non, à condition que les facteurs de transmission et d'absorption soient les mêmes dans les deux directions.

THÉORÈME 2. — *On a toujours* $R_n < 1$. *Par contre, on sait bien que l'on peut avoir* $T_n = 1$.

En effet, dans le cas où les diverses couches sont formées de substances non absorbantes, les t_i sont tous non nuls. Par conséquent, $T_n \neq 0$, donc $R_n < 1$. Si un certain nombre de couches est formé de substances métalliques, les t_i sont

(2) *Trans. Opt. Soc.*, **27**, 1925-1926, p. 317.

des quantités complexes et ${}_nt = \mathfrak{A}_n + i\mathfrak{B}_n$. Donc si l'on a à la fois $\mathfrak{A}_n = \mathfrak{B}_n = 0$, on pourra avoir $T_n = 0$. Mais puisque les couches sont métalliques, $X_n > 0$ et $R_n < 1$.

Ces deux théorèmes font nettement ressortir les différences profondes qu'il y a entre les propriétés des R_n et des T_n.

Remarque sur la Note précédente. — La relation $t_i = 1 + r_i$ n'est pas vraie dans le cas où le vecteur électrique est perpendiculaire au plan d'incidence. Pour garder la généralité des formules, on remplacera partout les $1 + r_i$ par des t_i.

SPECTROSCOPIE. — *Excitation du spectre de l'azote par passage de l'effluve électrique à travers le gaz ammoniac.* Note de MM. **Joseph Janin** et **Albert Crozet**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le spectre de la faible lueur blanchâtre, qu'on observe en faisant passer une effluve électrique dans le gaz ammoniac à la pression atmosphérique, a été étudié dans la région ultraviolette. Il est essentiellement constitué par un spectre continu très peu intense, que l'on doit vraisemblablement attribuer à la molécule d'hydrogène, par certaines bandes de NH et enfin par divers systèmes de bandes de l'azote. Les intensités de ces derniers systèmes sont généralement différentes de celles qu'ils possèdent dans l'azote pur. Le spectre comprend en particulier quelques nouveaux systèmes dont le niveau inférieur est l'état $a^1\Pi$ de la molécule d'azote.

1° Le premier d'entre eux est constitué par des bandes diffuses dégradées vers l'ultraviolet. Le tableau I rassemble les longueurs d'onde et nombres d'ondes des arêtes ainsi que leurs intensités relatives estimées visuellement; il permet également de comparer les différences entre ces nombres d'ondes et les écarts des niveaux de vibration de l'état $a^1\Pi$.

Tableau I.

v''	0.		1.		2.		3.
λ (Å)	2661,7		2785,3		2918,5		3062,5
ν (cm^{-1})	37558		35892		34254		32643
Intensités relatives	10		10		6		3
Différences des nombres d'ondes		1666		1638		1611	
Écarts des niveaux de vibration de l'état $a^1\Pi$		1666		1639		1612	

La répartition des intensités paraît indiquer qu'il s'agit d'une progression $v' = 0$. Le niveau supérieur se trouverait ainsi aux environs de 106520 cm^{-1} au-dessus du niveau fondamental $X\,{}^1\Sigma_g$; il serait très voisin du niveau de vibration $v = 1$ de l'état $R(m = 2)$ de la série de Rydberg étudiée par Worley (1). On observe également avec une assez forte intensité le système

(1) *Phys. Rev.*, 64, 1943, pp. 207-224.

$^1\Sigma \rightarrow a^1\Pi$, qui n'est excité dans l'azote pur qu'à pression réduite (2). L'état supérieur de ce dernier système étant probablement identique au niveau $v = 0$ de l'état R($m = 2$), on peut se demander si la progression décrite ici n'est pas en réalité la progression $v' = 1$ du système $^1\Sigma \rightarrow a^1\Pi$. Il n'est cependant pas possible de se prononcer d'une façon définitive tant que la structure de rotation n'aura pas été analysée; car les bandes des deux systèmes ne présentent pas le même aspect et leurs intensités relatives sont très différentes, quand on les excite dans l'azote pur.

2° Les bandes du deuxième système sont également dégradées vers les courtes longueurs d'onde; mais leurs têtes sont beaucoup plus fines et la structure de rotation à peine perceptible. Les longueurs d'onde des arêtes sont réunies dans le tableau II.

TABLEAU II.

v''	0.	1.	2.	3.	4.
λ (Å)	2516,0	2626,2	2744,3	2871,3	3008,1
ν (cm⁻¹)	39733	38067	36429	34817	33234
Intensités relatives	10	1	3	6	4
Différences des nombres d'ondes		1666	1638	1612	1583

Le système présente une répartition d'intensités anormale, si les bandes forment une progression $v' = 0$. Pour expliquer cette anomalie, on pourrait admettre qu'elles constituent une deuxième progression du système étudié au paragraphe précédent. L'intervalle des niveaux ainsi calculé (2175 cm⁻¹) n'est pas exactement égal à l'écart existant entre les niveaux $v' = 1$ et $v' = 2$ de l'état R ($m = 2$). D'autre part, les bandes des deux progressions ont un aspect assez différent. Il a donc paru préférable de les classer en deux systèmes distincts.

3° L'un d'entre nous a récemment (3) indiqué que la bande λ = 2839,5 Å, qui apparaît dans le spectre de l'azote, pouvait être regardée comme la bande (0,0) d'un système ayant pour niveau supérieur l'état 1 de Worley (4) et pour niveau inférieur l'état $a^1\Pi$. Une deuxième bande, extrêmement faible, λ = 2986,5 Å, a été classée provisoirement comme étant la bande (0,1) du même système. Dans le spectre de la décharge à travers le gaz ammoniac, ces deux bandes sont beaucoup plus intenses et la seconde apparaît dégradée vers le rouge, comme la première; les autres bandes du système ne peuvent toutefois être observées, car elles seraient entièrement recouvertes par le deuxième système positif. L'interprétation donnée précédemment semble donc confirmée.

4° Les spectrogrammes font apparaître deux bandes d'intensité moyenne,

(2) J. JANIN, *Comptes rendus*, **220**, 1945, pp. 218-220.
(3) J. JANIN, *Comptes rendus*, **223**, 1946, pp. 321-322.

dégradées vers les courtes longueurs d'onde : $\lambda = 2723,6$ Å ($\nu = 36.705$ cm^{-1}) et $\lambda = 2853,3$ Å ($\nu = 35.037$ cm^{-1}). La différence des nombres d'ondes (1668 cm^{-1}) indique que ce sont probablement les bandes $v'' = 0$ et $v'' = 1$ d'une nouvelle transition de niveau inférieur $a^1\Pi$. Le niveau supérieur serait alors voisin de 105.670 cm^{-1} et, par suite, très rapproché de l'état supérieur des bandes o' de Worley (¹). La position de ce dernier niveau n'est pas connue avec exactitude, puisque la structure fine des bandes n'a pas été observée par Worley. On peut cependant, à l'aide des constantes de vibration, déduire de la règle de Mecke une valeur approchée de la constante de rotation et situer ainsi le niveau o'. Les nombres obtenus pour les niveaux supérieurs des deux systèmes sont alors presque identiques, ce qui semble indiquer que ces états sont les mêmes.

ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES. — *Lentilles ayant une dimension de l'ordre d'une longueur d'onde.* Note de M. **Gilbert Wilkes**.

On sait qu'une barre de matière diélectrique peut agir comme guide d'ondes (¹), tels les tubes transmettant les faisceaux lumineux. L'expérience montre que si la barre a une de ses dimensions transversales de l'ordre ou moindre qu'une longueur d'onde, la barre acquiert alors le pouvoir de concentrer en elle-même une partie de l'énergie de l'onde électromagnétique qui la baigne.

Si l'on se limite au cas d'une onde polarisée plane, et d'une barre dirigée suivant la propagation de l'onde, la barre étant d'un diélectrique d'indice de réfraction n et ayant une dimension a dans le plan du champ électrique, l'énergie à l'intérieur de la barre se propage à une vitesse de v_L

$$v_L = \frac{c}{n_L},$$

où c est la vitesse de l'onde dans le vide, et n_L est un indice de réfraction apparent donné par la formule quasi empirique

$$n_L - 1 = (n-1)\, e^{-\left(\frac{\lambda}{\lambda'_c}\right)^2}.$$

Ici, λ est la longueur d'onde du champ et λ'_c est une longueur d'onde caractéristique de la barre, donnée dans le cas de barres rectangulaires par

$$\lambda'_c = 2na$$

et dans le cas de barres cylindriques par

$$\lambda'_c = \frac{n\pi a}{1.84}.$$

(¹) Voir notamment Schelkunoff, *Electro Magnetic Waves*, pp. 425-428.

La différence de phase entre l'énergie dans la barre, ou lentille, et l'onde extérieure augmente avec la longueur. Pour une concentration maxima cette différence de phase est égale à une demi-période, ce qui donne la longueur optima d_{max} de la lentille, supposée uniforme

$$d_{max} = \frac{\lambda}{2(n_L - 1)}.$$

Chaque section de la lentille ayant une longueur d'onde apporte la même quantité d'énergie, si l'on néglige l'appauvrissement du champ extérieur. La puissance de la lentille, ou gain de la lentille relatif à une ouverture de même section dans une paroi noire est avec une bonne approximation

$$GR - 1 + \frac{d_{max}}{\lambda} = 1 + \frac{1}{2(n_L - 1)}.$$

L'appauvrissement du champ extérieur impose une limite au gain relatif de l'ordre de 45, dans le cas où l'on fait tendre n_L vers l'unité en faisant la lentille très mince. Si l'on fait $a > \lambda$, la valeur n_L tend vers n et la lentille peut se traiter comme une loupe optique.

La puissance d'une lentille ronde ou carrée, ou énergie totale qu'elle peut recueillir, est proportionnelle à la somme de deux termes

$$G \simeq \frac{(a)^4}{\lambda} + f\frac{(\lambda)^z}{a} \qquad \text{avec } z > 2,$$

obtenus en multipliant le gain relatif par le carré de la section de la lentille et en simplifiant l'expression de n_L. Avec a/λ très grand, le second terme disparaît et l'on a une loupe. La puissance peut devenir très grande. Avec a/λ très petit, le premier terme disparaît et l'on a une lentille diélectrique dont la puissance est limitée à 10 par l'appauvrissement du champ. La puissance présente un minimum de l'ordre de 2 pour a égal à λ.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur deux schémas d'amplificateurs électroniques pour très hautes fréquences à onde progressive.* Note de M. **Jean-Paul Voge.**

S. Ramo [1] a étudié les faibles vibrations de la forme $F(r)e^{j(\omega t - \gamma z + n\theta)}$, à symétrie d'ordre n autour de l'axe, dans un faisceau électronique cylindrique de densité ρ_0, vitesse v_0 et rayon R. Les parties alternatives des champs, courants et vitesses s'expriment en fonction du potentiel Φ

(1) $$\Phi = A_n J_n(Tr)\, e^{j(\omega t - \gamma z + n\theta)},$$

---

[1] *Phys. rev.*, 56, 1939, p. 276.

où

(2) $$T^2=\left(\frac{\omega^2}{c^2}-\gamma^2\right)\left[1-\frac{4\pi}{\varepsilon_0}\frac{e}{m}\frac{\rho_0}{(\omega-\gamma v_0)^2}\right].$$

A. Si le faisceau est entouré par un étui métallique indéfini de rayon R et focalisé par un champ H_0 axial intense, la condition de champ électrique alternatif nul sur l'étui $J_n(TR)=0$ conduit S. Ramo, pour ρ_0 faible et $v_0 \ll c$, à $\gamma \neq \gamma_0(1\pm\delta)$ où $\gamma_0=\omega/v_0$ (vitesse de l'onde à peu près égale à v_0)

(3) $$\delta^2=\frac{4\pi}{\varepsilon_0}\frac{e}{m}\frac{\rho_0 R^2}{v_0^2(p_{nm}^2+\gamma_0^2 R^2)}=\frac{2}{\varepsilon_0}\frac{1}{Z_c v_0}\frac{1}{(p_{nm}^2+\gamma_0^2 R^2)},$$

p_{nm} désignant la $m^{\text{ième}}$ racine de $J_n=0$ et Z_c l'impédance du faisceau

(4) $$Z_c=\frac{U_0}{I_0}=\frac{1}{2}\frac{m v_0^2}{e}\frac{1}{\rho_0 v_0 \pi R^2}.$$

En groupant les deux solutions $\pm\delta$ on trouve des solutions

$$F(r)\sin(\delta\gamma_0 z)\, e^{j\left[\omega\left(t-\frac{z}{v_0}\right)+n\theta\right]}.$$

J'ai calculé la puissance à travers une section droite

(5) $$W=\int_s I_T\Phi\, ds=\int_s\left(\rho_0 v_z+\rho v_0+\frac{\varepsilon_0}{4\pi}\frac{\partial E z}{\partial t}\right)\Phi\, ds$$
$$=\frac{1}{2}A_n^2 p_{nm}^2\frac{\sin^2(\gamma_0\delta z)}{R^2}\int_0^R J_n^2 2\pi r\, dr=\frac{\pi}{2}A_n^2 p_{nm}^2 \sin^2(\gamma_0\delta z) J_n'^2(p_{nm}).$$

On a des groupements et des dégroupements successifs le long du tube [W proportionnel à $\sin^2(\gamma_0\delta z)$] et une amplification théoriquement infinie (limitée en fait par les pertes dans les parois et le rayonnement) pour une longueur l : $\gamma_0\delta l=(2p+1)\pi/2$. La largeur de bande à 3 décibels sera $2\Delta\omega$ telle que

(6) $$\frac{\Delta\gamma_0\delta l}{\gamma_0\delta l}=\frac{\Delta\omega}{\omega}=\frac{\pi}{4}\frac{2}{(2p+1)\pi}=\frac{1}{2(2p+1)}.$$

Mais l'énergie, étant surtout cinétique, devra être captée par induction dans un circuit sélectif qui diminuera beaucoup cette largeur.

B. J'ai étudié le cas du faisceau entouré par une ligne sans pertes, adaptée, d'impédance caractéristique Z_0, avec laquelle il échange l'énergie de façon continue. Un tronçon du faisceau rayonne une énergie

(7) $$2\pi R\,\Delta z\frac{1}{4\pi}(E\varphi\, Hz-H\varphi\, Ez)=\Delta z\frac{R}{2}\varepsilon_0\omega A_n^2\left(1-\frac{K^2}{\gamma^2}\right)jTJ_n(TR)J_n'(TR).$$

Si $\gamma=\gamma_r+j\gamma_a$ (amplification exponentielle en $e^{\gamma_a z}$), la ligne transportant une énergie V^2/Z_0 gagne une énergie $2\gamma_a z(V^2/Z_0)$ sur Δz. En supposant ρ_0 faible et

$v_0 \ll c$, l'équation (2) conduit à $\gamma_c \# \gamma_0$ (vitesse de l'onde encore à peu près v_0) et

$$(8) \qquad \gamma_a = \sqrt{2}\,\frac{\omega}{v_0}\,\frac{1}{\sqrt{Z_c\,\varepsilon_0\,v_0}}\,\frac{1}{\sqrt{q^2 - \gamma_0^2\,R^2}}, \qquad \text{où} \quad q = j\,\text{TR},$$

tandis que l'échange d'énergie (7) avec la ligne sur un tronçon Δz donne, au lieu de $J_n = 0$ du cas A,

$$(9) \qquad \gamma_a = \frac{\varepsilon_0\,\omega\,K\,Z_0}{4}\,q\,\frac{I'_n(q)}{I_n(q)},$$

K étant un coefficient tenant compte des pertes rayonnées à travers la ligne et de la proportionnalité entre Φ et V (surtout géométrique, il peut dépendre un peu de ω en même temps que la carte du champ de la ligne seule).

Si q est notable devant $\gamma_0 R$ et atteint quelques unités,

$$\sqrt{q^2 - \gamma_0^2 R^2} \# q, \qquad I'_n \# I_n \# \frac{e^q}{\sqrt{2\pi q}}$$

et les équations (8) et (9) donnant γ_a et q conduisent à un gain par longueur d'onde suivant l'axe de la ligne

$$\gamma_a\,\frac{2\pi v_0}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}}\left(\frac{\varepsilon_0 v_0}{2 Z_c}\right)^{\frac{1}{4}}(K Z_0)^{\frac{1}{2}} = 2\pi\left(\frac{\varepsilon_0\,e\,\rho_0\,\pi R^2}{m}\right)^{\frac{1}{4}}(K Z_0)^{\frac{1}{2}} \quad \text{Népers.}$$

Il est indépendant de ω (à la faible variation de K près) et proportionnel à la racine quatrième de la charge par unité de longueur.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Preuve expérimentale de la quadripartition de l'uranium*. Note de Mme **Ho Zah-Wei**, MM. **Tsien San-Tsiang**, **Léopold Vigneron** et **Raymond Chastel**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La bipartition du noyau d'uranium sous l'action des neutrons est bien connue depuis quelques années [1]. Dernièrement, par la méthode de l'émulsion photographique, nous avons mis en évidence la tripartition de l'uranium provoquée par la capture d'un neutron lent; sa fréquence est inférieure au centième de celle de la bipartition [2]. Bohr et Wheeler, en 1939, dans leur article sur le mécanisme de la fission nucléaire [3], ont indiqué que si la fission de U se faisait par division en quatre fragments (quadripartition) de masses comparables, l'énergie libérée serait inférieure d'environ 50 MeV à celle de la

---

(1) F. Joliot, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 341; O. R. Frisch, *Nature*, 143, 1939, p. 276.

(2) Tsien San-Tsiang, R. Chastel, Ho Zah-Wei et L. Vigneron, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 986.

(3) *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 426.

bipartition. Mais, jusqu'à présent, aucune preuve expérimentale de la quadripartition n'a encore été signalée.

En poursuivant l'étude de la tripartition d'U par la capture des neutrons lents[2] au moyen de la plaque *Ilford nuclear research* C_2, l'une de nous (H. Z. W.) a trouvé *un cas particulier qui ne peut être expliqué autrement que par la quadripartition de l'uranium*. Les quatre trajectoires sont sensiblement dans un plan (*fig.* 1 et 2). La statistique des trajectoires rectilignes (bipartitions) montre que, dans la plaque utilisée, le parcours total le plus probable pour les deux fragments est $24^{\mu},5$, ce qui donne une équivalence de 1^{μ} d'émulsion à $1^{mm},8$ d'air.

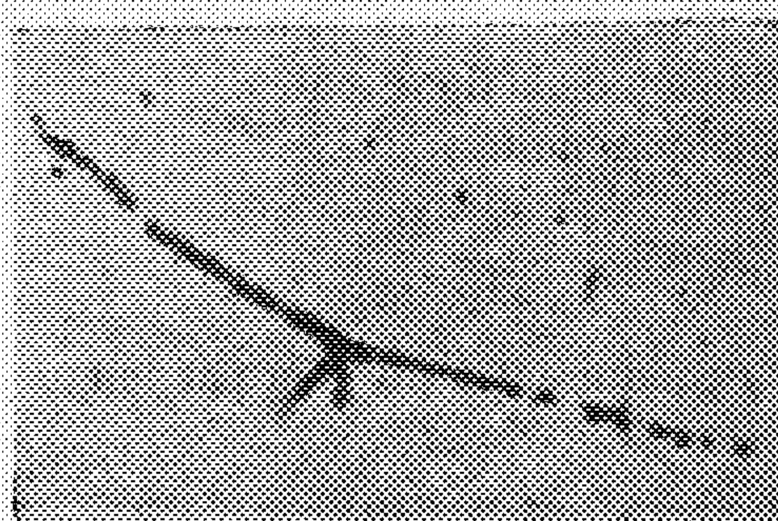


Fig. 1.

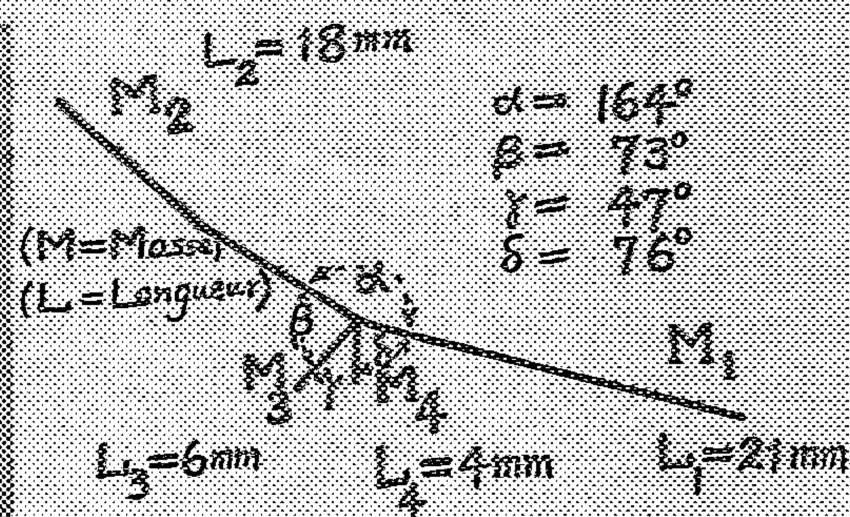


Fig. 2.

Le fait que les quatre trajectoires sont pratiquement ici dans un même plan, supprime une des trois relations de quantité de mouvement. Il n'est donc pas possible de déterminer les masses et les énergies des fragments d'une façon unique à partir des mesures expérimentales (*fig.* 2) et des relations entre les énergies et les parcours pour les ions lourds [4]. Pour une masse totale donnée, il y a une simple infinité de solutions, dont voici quelques exemples :

	M_1.	M_2.	M_3.	M_4.	M_3+M_4.	E_1.	E_2.	E_3.	E_4.	ΣE (MeV).
a...	81	99	36	20	56	58	47	3,1	5,5	114
b...	83	99	30	24	54	59	47	2,8	6,2	115
c...	84	99	27	26	53	60	47	2,6	6,5	116
d...	85	99	22	30	52	61	47	2,3	7,1	117
e...	86	99	20	31	51	61	47	2,1	7,1	117

Tous ces cas sont calculés en supposant que la fission du noyau composé $^{236}_{92}U$ a lieu sans émission de neutron. Notons que M_1 et M_2 varient peu et que M_3+M_4 reste presque constant. Toutefois, faute de données expérimentales pour la relation vitesse-parcours des ions plus lourds que $^{19}_{9}F$ et plus

(4) J. K. Bøggild, K. J. Brostøm et J. Lauritsen, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 275; O. J. Knipp et E. Teller, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 659; F. Joliot, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 488.

légers que les fragments de fission, nous avons fait une interpolation linéaire pour les ions intermédiaires. La précision sur les masses est, de ce fait, environ 10 %.

D'après l'observation au microscope, M_3 et M_4 donnent des ionisations comparables mais plus faibles que celles de M_1 et M_2. Malgré l'infinité des solutions pour les masses des quatre fragments, la géométrie de la figure 1 et l'aspect de l'ionisation semblent indiquer que cette quadripartition est assez symétrique et qu'aucun fragment n'est très léger.

L'énergie cinétique totale ($\Sigma E \sim 115$ MeV), peu sensible aux différentes combinaisons de masses, est inférieure d'environ 35 MeV à celle de la bipartition, résultat en accord avec la prévision théorique ([3]) dans les limites d'erreurs expérimentales.

En conclusion, nous avons mis en évidence pour la première fois la quadripartition de l'uranium provoquée par la capture d'un neutron. La fréquence de la quadripartition est nettement inférieure au millième de celle de la bipartition.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Pouvoir d'arrêt des émulsions photographiques.* Note ([1]) de M. **Pierre Cüer**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Pouvoir d'arrêt des éléments. — La notion de pouvoir d'arrêt atomique relatif à l'air est celle qui se prête le plus commodément à l'expérience et au calcul. C'est le rapport (S) du nombre d'atomes d'air ($R_0 d_0/A_0$) au nombre d'atomes de l'élément considéré (Rd/A) nécessaires pour arrêter complètement une particule chargée. R_0, d_0, A_0, R, d, A, parcours, masses spécifiques, masses atomiques, de l'air et de l'élément ([2]). La quantité généralement mesurée est s, pouvoir d'arrêt atomique relatif différentiel $s = [(\Delta R_0) d_0/(\Delta R) d].(A/A_0)$ exprimant une même perte minime d'énergie ou de vitesse ([3]). Malgré l'exemple numérique donné dans leurs calculs, les valeurs de Livingston et Bethe ([4]) (LB) ne sont pas *celles* de S, mais voisines de s puisque basées, par exemple pour des métaux, sur des expériences de ralentissement des particules α du ThC′ à travers des feuilles relativement minces ([5]). s, fonction du parcours, est d'autant plus différent de S, que le nombre atomique (Z) s'éloigne de 7,22 (air). En intégrant les $\Delta R/\Delta R_0$ déduits de (LB) en fonction de R_0, à l'aide d'intervalles comparables à l'épaisseur des feuilles employées par Rosenblum (vers 2.10^9 cm/sec), nous avons trouvé pour S des valeurs égales à 2 % près à celles

([1]) Séance du 2 décembre 1946.
([2]) *Zeits. Physik*, 5, 1921, p. 400.
([3]) Mano, *Ann. de phys.*, 1, 1934, p. 407; Gurney, *Proc. Roy. Soc.*, A, 107, 1925, p. 340.
([4]) *Rev. of mod. phys.*, 9, 1937, p. 272.
([5]) Rosenblum, *Annales de phys.*, 10, 1928, p. 408.

de Geiger ([4]) et de Von Traubenberg ([5]), cotées jusqu'ici systématiquement trop faibles pour les métaux et trop importantes pour les gaz.

En utilisant la statistique de Thomas-Fermi, nous trouvons pour s, en fonction de Z, à vitesse donnée v, la valeur

$$s = cZ\left(K - L(Z)\right), \qquad c = \frac{1}{7.22\left(L\left(\frac{2mv^2}{a}\right) - L(7.22)\right)}$$

et

$$K = L\left(\frac{2mv^2}{a}\right), \qquad \text{pour } Z > 13$$

et $0,04\,c < v < 0,9\,c$, $c =$ vit. lum. — L = Log. Nep.; m masse de l'électron; la valeur la plus correcte de a est celle déduite de l'expérience $a \sim 11,6 \pm 0,4$. A chaque vitesse, pour s/Z correspond une droite de pente donnée. Pour un élément Z, ds varie comme

$$c_1 \frac{dv}{v\,L(K_1)\,v^2}, \qquad c_1 = \frac{Z}{7,22} \cdot L\,\frac{Z}{7,22} \qquad \text{et} \qquad K_1 = \frac{2m}{7,22\,a}.$$

Pour des milieux très polarisables s est corrigé avec log. Σ (Σ polarisation) ([6]). Dans la méthode photographique, nous utilisons S qui doit être déduit de s par intégration graphique.

Pouvoir d'arrêt des milieux hétérogènes. — La précision médiocre des quelques mesures expérimentales effectuées jusqu'ici sur les composés chimiques ne permet pas encore l'étude de l'additivité atomique en fonction de l'affinité et des structures électroniques. Pour les composés métalliques, où l'énergie des réactions est généralement faible en comparaison des potentiels moyens d'ionisation I, on peut, en première approximation, considérer les s additifs atomiquement. Une méthode simple ([7]) applique l'additivité des parcours dans les différents milieux traversés selon la relation

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{V_1}{V_2},$$

V_1 et V_2, volumes des composés 1 et 2 par cm^3. Connaissant l'analyse élémentaire quantitative du milieu, on peut employer une méthode plus générale en remarquant qu'un mélange de composés chimiques peut se mettre sous la forme d'une formule exacte à exposants fractionnaires. m_a, m_b, m_c (poids des éléments par cm^3), A_a, A_b, A_c (masses atomiques), s_a, s_b, s_c (pouvoirs d'arrêt atomiques relatifs différentiels).

$$\frac{\Delta R_0}{\Delta R} = 11,8\left[\left(\frac{m_a}{A_a} s_a\right) + \left(\frac{m_b}{A_b} s_b\right) + \left(\frac{m_c}{A_c} s_c \ldots\right)\right].$$

([6]) Fermi, *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 485.

([7]) Taylor, *Proc. Roy. Soc.*, 150, 1935, p. 388.

Si la composition est donnée en fonction des composés chimiques, A et s sont remplacés par M (masse moléculaire) et s' (pouvoir d'arrêt moléculaire relatif différentiel).

Pouvoir d'arrêt des émulsions sensibles. — Ces différentes méthodes nous ont permis de définir une formule équivalente de la glycéro-gélatine utilisée dans les émulsions normales : C'_{60}, N_{22}, O_{39}, H_{131}, en accord avec les mesures des parcours α connus ([8]). Les calculs portent sur des émulsions contenant : poids (Ag/gél. + gly.) = 0,423 (Ilford HT ord.) et 3,145 (Ilford conc. B, C, D) ([9]), calculs valables selon la précision des données Ilford. Comme les valeurs de s pour $v \leq 10^9$ sont extrapolées et peu sûres, il serait indiqué de comparer les résultats à l'expérience, directement sous la forme différentielle $\Delta R_0/\Delta R$. Malheureusement, le straggling dû à la distribution statistique des grains, le long des traces, dépasse parfois 20 % pour ΔR petit. Les courbes *parcours énergie* se déduisent de R_0/R.

$v/10^9$ cm.sec.	1.	1,5	2.	2,5.	3.	3,5.	4.	4,5.	5.	5,5.	6.
$\frac{\Delta R_0}{\Delta R}$, Ilford HTord...	1398	1424	1440	1448	1452	1456	1458	1460	1459	1459	1459
$\frac{\Delta R_0}{\Delta R}$, Ilford conce....	1600	1831	1956	2026	2070	2105	2129	2152	2164	2177	2185
$\frac{R_0}{R}$, Ilford conce......	1520	1740	1820	1890	1930	1955	1980	2005	2030	2045	2070

Aux fluctuations de parcours près, 2 à 5 %, le pouvoir d'arrêt des émulsions ordinaires est pratiquement constant, sauf pour $v < 1,5 . 10^9$ cm.sec. Valeurs expérimentales : Powell (HT) $R_0/R = 1460$, Taylor (Ilford R_2), Ag/gel = 0,408 — $R_0/R = 1475$, Wilkins = (R_2) = 1380. Pour les concentrées, R_0/R, variant de 40 %, la courbe *parcours énergie* n'est plus homothétique à celle de l'air ([10]).

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Mesure des masses des particules électrisées sans champ magnétique.* Note ([1]) de MM. **Robert Richard-Foy** et **Charles Peyrou**, présentée par M. Maurice de Broglie.

L'emploi d'un champ magnétique pour la mesure des masses des particules du rayonnement cosmique offre l'inconvénient d'écarter de l'appareil une grande partie des particules de faible impulsion, qui sont justement les seules dont la masse puisse être mesurée. D'autre part, à faible vitesse, le phénomène

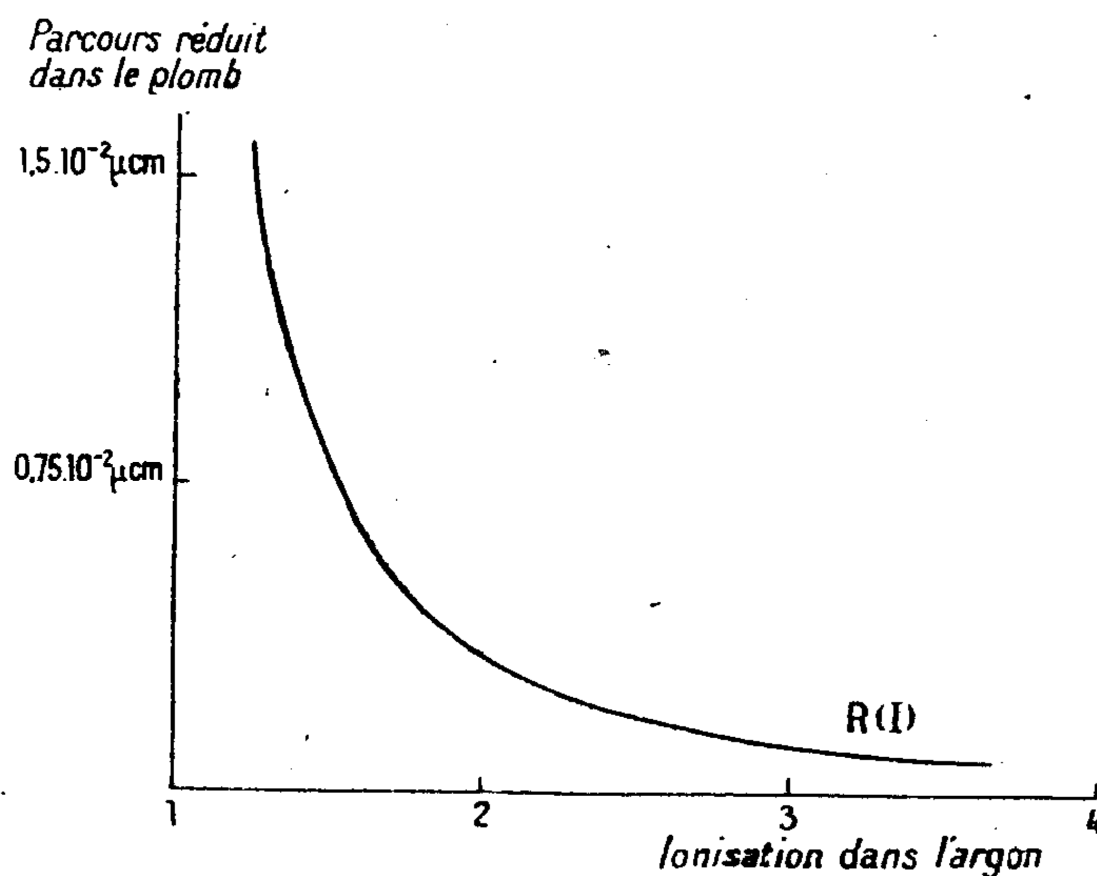
([8]) Wilkins, *J. Frankl. Inst.*, **222**, 1936, p. 417.

([9]) Proportion voisine des plaques de Demers (*Phys. Rev.*, **70**, 1946, p. 86).

([10]) Cüer, *Soc. Franç. Phys.*, Lyon, 1946, Cüer, Fowler et Lattès, *Valeurs expérimentales* (en publication).

([1]) Séance du 18 novembre 1946.

du *scattering* rend très incertaine la mesure du rayon de courbure. Afin de parer à ces deux inconvénients nous proposons de mesurer, au lieu du rayon de courbure, l'ionisation I par comptage de gouttelettes à la chambre de Wilson. L'examen de la courbe $I = f(P)$ (P moment réduit $= p/M_0c = eH\rho/M_0c$ avec M_0 masse au repos de la particule, H champ magnétique, ρ rayon de courbure) montre que dès que $P < 1$, la précision que l'on obtient sur P en le déterminant à partir de I est près de deux fois meilleure qu'en le déterminant à partir de ρ, à erreurs expérimentales égales. Pratiquement, dans les meilleures conditions expérimentales pour les deux méthodes, on mesure I avec une précision au moins moitié de celle que l'on peut obtenir sur ρ, si bien qu'il n'y a pas de désavantage à déterminer P par I. Pour mesurer la masse, il suffit de mesurer la variation de l'ionisation à la traversée d'un ou plusieurs écrans. La figure représente le parcours réduit $R = l/\mu$ pour le plomb



(μ rapport de la masse de la particule à celle de l'électron) en fonction de l'ionisation. Il suffit d'obtenir deux points sur cette courbe pour avoir la masse au moyen du quotient de l'épaisseur de l'écran traversé par la variation de parcours réduit mesuré entre ces points. La meilleure méthode consiste probablement à utiliser une dizaine d'écrans également espacés, distants d'au moins 5 à 6^{cm}. L'épaisseur totale des écrans doit être voisine du parcours correspondant à un moment réduit de 1. Elle est donc proportionnelle à la masse étudiée. En mesurant l'ionisation entre chaque écran, on obtient 11 points sur la courbe R(I) et les erreurs expérimentales s'éliminent mutuellement. On a aussi ainsi une lecture directe du parcours à 10 % près au mieux. Il n'y a pas à craindre d'être induit en erreur par la remontée de la courbe d'ionisation puisque l'on suit la variation d'ionisation régulièrement. La seule cause d'incer-

titude est le straggling dont l'effet, d'ailleurs faible, peut être réduit à condition d'employer un gaz lourd légèrement comprimé.

L'intérêt expérimental de ce dispositif est évident; il supprime l'emploi coûteux et toujours ennuyeux du champ magnétique; il permet de réaliser des conditions d'éclairage bien meilleures et de photographier obliquement, et il augmente considérablement l'efficacité de la méthode de l'écran grâce à la possibilité d'un grand nombre de mesures.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une des causes possibles de la triboluminescence.* Note [1] de MM. **Maurice Curie** et **M. Prost**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les travaux de Lenard et de ses collaborateurs [2] ont montré que le spectre de triboluminescence est en général le spectre principal de photoluminescence. On sait que ce phénomène de triboluminescence apparaît comme une suite d'éclairs accompagnant l'écrasement de la substance.

H. Longchambon [3] a établi que, le plus souvent, à ce spectre propre à la substance, se superpose le spectre de bandes de l'azote. Lenard, pour rendre compte du phénomène principal, avait déjà admis que la rupture fait apparaître des charges électriques sur la surface des éclats des cristaux : au moment de l'afflux d'air dans la fente, d'abord vide d'air, créée par la rupture, il y a production momentanée de rayons cathodiques qui excitent la luminosité de la substance. L'apparition du spectre de l'azote, établie ultérieurement, confirme l'intervention des décharges électriques. H. Longchambon, qui opérait principalement avec le sucre, avait d'ailleurs vu disparaître le spectre de l'azote dans le vide.

Nous avons repris des essais avec un sulfure de zinc à phosphorogène manganèse, particulièrement triboluminescent, dans le but de voir si, en opérant dans un vide très poussé, le spectre principal de triboluminescence de couleur orangé bien connu dû au ZnS(Mn) disparaissait, ou tout au moins, était fortement amoindri.

Une couche mince de sulfure était placée au fond d'un large tube de pyrex en relation avec une pompe à diffusion. Quelques petites billes d'acier, placées dans le tube, permettaient d'observer aisément une forte triboluminescence quand on agitait légèrement le tube. L'ensemble était chauffé vers 200° pendant une heure : pompage et chauffage restant établis, la triboluminescence persistait sans modification. (Un tube témoin à vide indiquait une pression certainement inférieure à 10^{-4} mm.)

---

(1) Séance du 2 décembre 1946.

(2) Voir *Hand. der Exp. Phys. Fluorescenz und Phosphorescenz*, p. 976.

(3) Thèse Paris 1924.

Il en résulte que l'excitation par rayons cathodiques ou par décharges électriques entre les éclats des cristaux, liée à la présence des gaz, ne saurait être retenue pour expliquer l'apparition du spectre principal de triboluminescence.

Nous croyons qu'il est plus probable que cette triboluminescence est une des apparences de l'effet d'électroluminescence pure dans les cristaux, effet mis en évidence par les travaux de G. Destriau ([4]); faisant agir un champ variable sur le sulfure de zinc, il observe, en l'absence de toute effluve, une excitation de la luminescence.

En considérant qu'il y a, par écrasement, possibilité de clivage entre des plans contenant des ions de même signe, les faces libres des éclats provoquent, à l'intérieur des fragments, des champs dont nous nous proposons de chercher à déterminer ultérieurement l'ordre de grandeur. Quoi qu'il en soit, on sait que les champs interioniques sont intenses et correspondent à des énergies de l'ordre de plusieurs électron-volts, en corrélation avec les quanta lumineux émis dans les phénomènes de luminescence cristalline.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude dilatométrique et électrique de l'anomalie, présentée à basse température, par le sesquioxyde de vanadium.* Note ([1]) de M. **Marc Foëx**, présentée par M. Paul Lebeau.

Le sesquioxyde de vanadium présente, à basse température, une anomalie thermique, mise en évidence par C. T. Anderson ([2]); le dégagement de chaleur, maximum à —104°,2 C., est de 692,2 ± 2,4 calories entre —93°,2 et —111°,9 C. Ce phénomène est accompagné d'une augmentation du coefficient d'aimantation de la substance ([3]); le moment magnétique croît simultanément, mais reste très inférieur à celui de l'ion V^{+++}.

Je me suis proposé d'étudier les propriétés dilatométriques et électriques du sesquioxyde de vanadium dans l'intervalle de température où se produisent les anomalies précédentes.

L'oxyde V_2O_3 est préparé par action à 1000° C. de l'hydrogène sur l'anhydride vanadique V_2O_5, lui-même obtenu à partir du vanadate d'ammonium purifié par cristallisations successives. Le produit est ensuite aggloméré par compression (3000 kg : cm²) et cuisson à 1200° C., sous forme de baguettes de 3 à 4^{mm} de diamètre et de 30 à 40^{mm} de long; ou encore, pour les mesures de résistances élevées à basse température, sous forme de pastilles de 10^{mm} de hauteur et de diamètre.

Un appareil à visée microscopique, déjà décrit ([4]), a permis de déterminer

---

([4]) *J. de Chim. Phys.*, **33**, 1934, p. 587; **34**, 1937, p. 117 et 327.

([1]) Séance du 2 décembre 1946.

([2]) *J. Amer. Chem. Soc.*, **58**, 1936, p. 564.

([3]) E. Hoschek et W. Klemm, *Z. Anorg. Chem.*, **242**, 1939, p. 63.

([4]) F. Trombe et M. Foex, *Annales de Chim.*, **19**, 1944, p. 417.

les allongements d'une série d'éprouvettes de 100^{mm} de longueur totale. Les valeurs de la résistivité électrique sont établies par mesure de la différence de potentiel obtenue entre deux points d'une épouvette parcourue par un courant d'intensité donnée.

La courbe de la figure 1, relative aux dilatations, donne les valeurs des

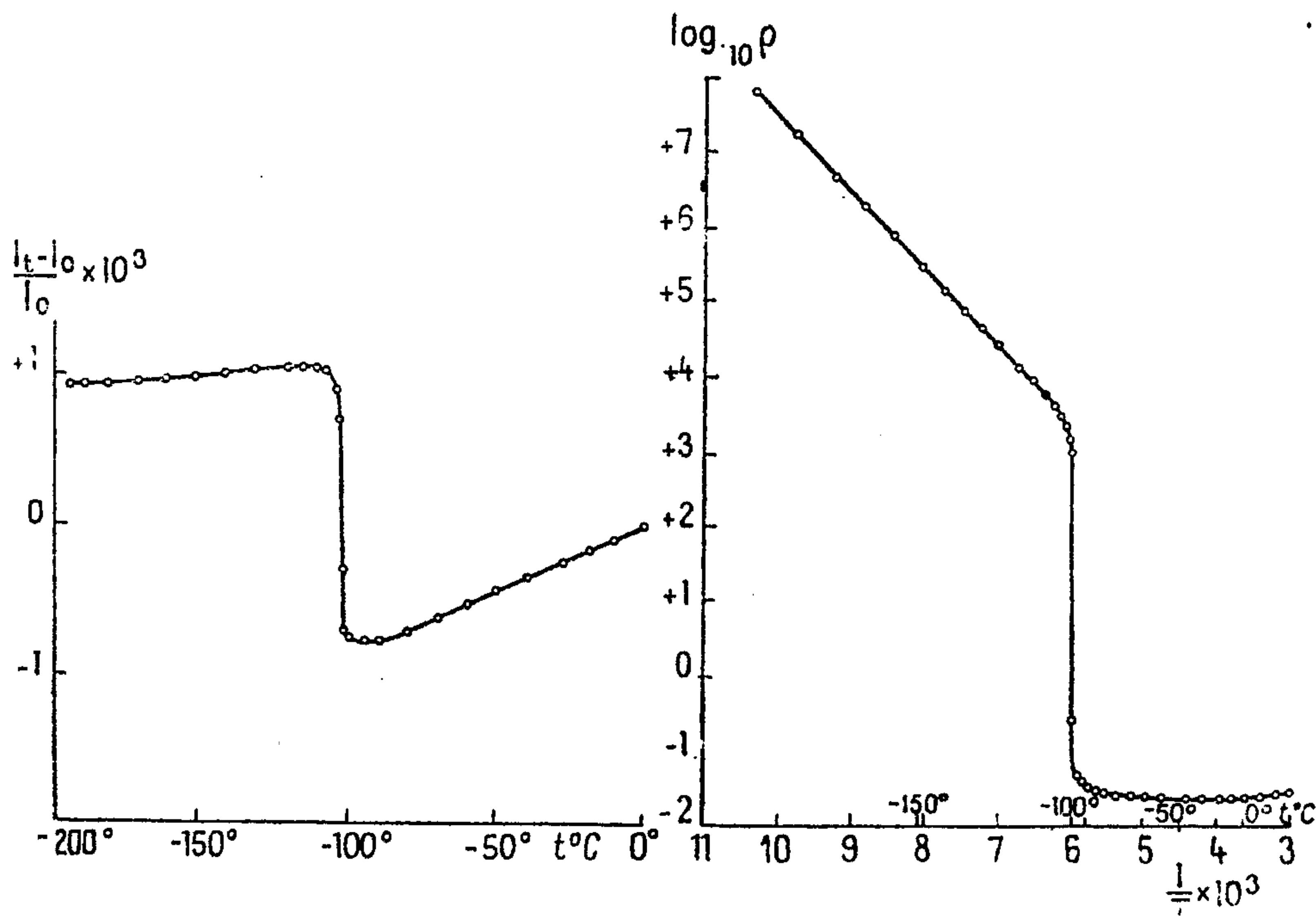


Fig. 1. Fig. 2.

allongements $(l_t - l_0)/l_0$ en fonction de la température t°C., l_0 et l_t étant les longueurs de l'échantillon à 0° et à la température considérée. Par ailleurs, on a représenté, figure 2, la variation du logarithme de la résistivité électrique ρ en fonction de l'inverse de la température absolue T, afin d'examiner dans quelle mesure cette variation s'effectue linéairement suivant la formule classique $\log \rho = M + (N/T)$ (M et N = constantes) applicable à de nombreux semi-conducteurs. Les résultats obtenus sont sensiblement réversibles pour la vitesse d'échauffement ou de refroidissement de 80° heure utilisée.

Les deux courbes font apparaître, un peu au-dessous de — 100° C., une forte anomalie, qui se traduit, à température ascendante, par une contraction linéaire de l'ordre de 2 °/₀₀ et par une augmentation de la conductibilité de près de 100000 fois.

Il semble que la majeure partie du phénomème dilatométrique s'effectue dans un domaine de température très restreint de l'ordre de quelques degrés (effet maximum à — 103° C.), encadré par deux zones à évolution lente, dont la

plus caractéristique est située en dessous de la transformation. D'autre part, le coefficient de dilatation possède une valeur beaucoup plus considérable au-dessus qu'en dessous de l'anomalie précédente.

A basse température, le logarithme de la résistivité diminue linéairement en fonction de l'inverse de la température absolue. Par contre, au-dessus de la zone de transformation, la représentation de la figure 2 n'est plus une droite et la faible résistivité obtenue (0,03 ohm à 0°C.) ne varie qu'assez lentement avec la température. L'évolution des propriétés électriques s'effectue d'une manière assez analogue à celle observée pour les dilatations, cependant le maximum d'amplitude du phénomène est situé à une température très légèrement inférieure à la précédente. Cette différence de l'ordre de 2° s'explique par le fait que la variation de longueur, au cours de la transformation, est proportionnelle à la quantité de produits transformés, alors que la résistivité électrique peut être considérablement modifiée par l'apparition d'une faible quantité de variété conductrice.

Un refroidissement rapide abaisse la température de transformation de quelques degrés, mais il n'a pas été possible de conserver, par trempe dans l'azote liquide, la variété conductrice et contractée stable à la température ambiante. Cette faible inertie thermique ne paraît pas indiquer un changement véritable de la forme cristalline de V_2O_3 (hexagonal type corindon à la température ordinaire). Les phénomènes observés pourraient être attribués à une diminution de régularité dans la distribution des particules élémentaires constituant le réseau cristallin (disparition d'une surstructure) sous l'influence de l'augmentation de l'agitation thermique avec la température. Le passage d'un état d'ordre à un état de désordre peut en effet être accompagné d'une variation, souvent importante, de la conductibilité électrique.

En résumé, cette étude a permis de mettre en évidence vers — 100° C. un léger changement de volume du sesquioxyde de vanadium, accompagné d'une évolution considérable de la conductibilité électrique. Relativement isolant à basse température, cet oxyde se contracte alors en devenant près de 100000 fois plus conducteur.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les diamètres moléculaires de l'hydrogène, du deutérium et de l'hydrure de deutérium.* Note (¹) de M. **Rodolphe Viallard**, transmise par M. Paul Langevin.

H. C. Torrey (²), d'après une détermination du coefficient de viscosité du deutérium, estime à moins de 2 % la différence entre les sections efficaces de l'hydrogène et du deutérium moléculaires. A. B. Cleave et O. Maas (³), à la

(¹) Séance du 9 décembre 1946.

(²) *Phys. Rev.*, **47**, 1935, p. 644.

(³) *Can. J. Res.*, B, **12**, 1935, p. 57; B, **13**, 1935, p. 384.

suite d'un travail beaucoup plus important, admettent que les viscosités de l'hydrogène, de l'hydrure de deutérium et du deutérium sont entre elles comme 1, 1,225 et 1,414, et que, par suite, leurs molécules ont des diamètres égaux, à 0,2 % près.

En 1937, toutefois, C. Halpern et E. Gwathmey ([4]) attirent l'attention sur la nécessité, soulignée dès 1933 par H. S. W. Massey et C. B. O. Mohr ([5]), d'appliquer la mécanique ondulatoire aux calculs de la théorie cinétique relatifs aux phénomènes de transport. En effet, les chocs entre molécules identiques, indiscernables, et les chocs entre molécules dissemblables, se font dans des conditions différentes, le phénomène d'*échange* intervenant pour les premiers. Il y a donc lieu de considérer, du point de vue théorique, deux sections efficaces, caractérisant chaque sorte de molécules. Il en résulte en particulier que la viscosité de l'hydrogène doit, à une température déterminée, dépendre de sa teneur en variété *para*. En outre, la viscosité d'un hydrogène renfermant une proportion déterminée de la variété *para* présentera, par rapport à celle d'un hydrogène fictif constitué de molécules identiques, des écarts relatifs variables avec la température.

Halpern et Gwathmey, toutefois, n'avaient pu confronter directement les prévisions théoriques et les données expérimentales. Seule la constatation d'une inversion entre la conductibilité thermique de l'hydrogène normal et celle de la variété *para*, aux environs de 80°K., avait paru un argument favorable aux conclusions des auteurs.

La nécessité de rendre compte de certaines incertitudes relatives à la conductibilité thermique de l'hydrure de deutérium ([6]) a suggéré à l'auteur de tenter d'interpréter, à la faveur de la conception de Halpern et Gwathmey, une anomalie dont Cleave et Maas semblent avoir sous-estimé l'importance. Pour des températures comprises entre -80°C. et $+25$°C., le rapport $1,395 \pm 0,003$ des coefficients de viscosité d'un hydrogène lourd à 98 % de deutérium (fraction molaire) et de l'hydrogène normal est tel, qu'il peut paraître légitime d'en déduire une égalité des diamètres moléculaires pour les trois sortes de molécules présentes. Aux environs de -200°C., toutefois, sa valeur $1,368 \pm 0,003$ est notablement plus faible, et ne saurait autoriser les mêmes conclusions. Par contre, le rapport existant entre le coefficient de viscosité du même hydrogène lourd et le coefficient de viscosité d'un hydrogène fictif à molécules identiques, tel qu'il peut se déduire des déterminations effectuées sur l'hydrogène normal et des corrections qu'entraînent les calculs de Halpern et Gwathmey, est constant dans tout l'intervalle de température exploré par Cleave et Maas, et égal à $1,460 \pm 0,004$.

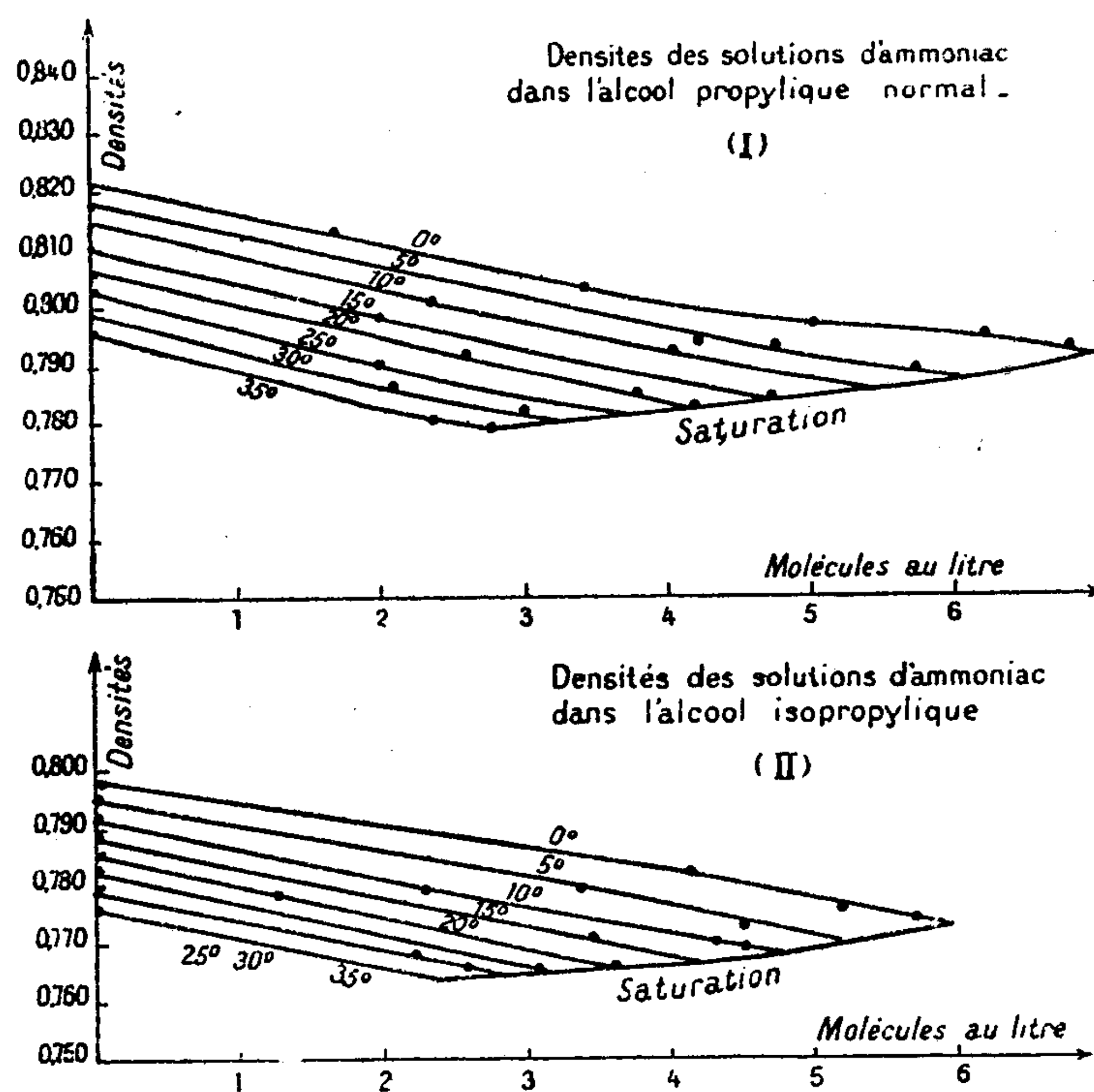
([4]) *Phys. Rev.*, **52**, 1937, p. 944.
([5]) *Proceed. Roy. Soc.*, A, **141**, 1933, p. 434; **144**, 1934, p. 188.
([6]) R. Viallard, *Ann. de Chimie*, III, 1945, p. 22.

Les coefficients de viscosité du deutérium et de l'hydrure de deutérium, déduits de ce résultat par extrapolation linéaire, selon Cleave et Maas, seraient respectivement $1,467 \pm 0,004$ et $1,374 \pm 0,004$ fois celui d'un hydrogène à molécules toutes identiques. Ces valeurs conduisent à attribuer au deutérium et à l'hydrure de deutérium des sections efficaces dont le rapport à celle qui caractériserait cet hydrogène fictif soit $0,964 \pm 0,003$ et $0,891 \pm 0,003$.

Les molécules d'hydrogène, de deutérium et d'hydrure de deutérium auraient donc, contrairement à l'opinion courante, des diamètres sensiblement différents.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude des solutions de l'ammoniac dans les alcools propylique et isopropylique absolus.* Note [1] de Mme **Simone Hatem**, présentée par M. Paul Pascal.

Cette Note fait suite à une étude analogue, publiée ici même le mois dernier, relative aux solutions de l'ammoniac dans les alcools méthylique et



éthylique absolus. On a employé des alcools très purifiés, dont la conductivité est de l'ordre de 10^{-7} à 25°.

La conductivité des solutions d'ammoniac dans les deux alcools est très faible, quoique la solubilité du gaz y soit assez grande. On retrouve cependant l'ano-

---

(1) Séance du 9 décembre 1946.

malie rencontrée dans les alcools méthylique et éthylique vers 30° (²); mais sous une forme très atténuée. Nous nous proposons de chercher si ces anomalies de l'ammoniac affectent aussi ses dérivés de substitution.

La solubilité de l'ammoniac dans les deux alcools a été étudiée par la méthode récemment indiquée; elle conduit à des résultats différents pour les deux alcools : l'ammoniac est moins soluble dans l'alcool isopropylique que dans l'alcool propylique normal.

La densité a été étudiée par la méthode précédemment indiquée, légèrement modifiée cependant à cause de la plus faible solubilité des alcools dans l'eau au moment du dosage.

Les résultats sont donnés par les courbes (I) et (II), qui permettent de tracer la courbe de saturation, lieu des points limites. On remarquera que la dilatation est énorme, de l'ordre de 1/20.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des ultrasons sur les hydrocarbures halogénés en milieu aqueux.* Note de MM. **André Kling** et **Roger Kling**.

Dans une précédente Note (¹), nous avons précisé les conditions dans lesquelles se produisaient les oxydations dans l'eau soumise à l'action des ultrasons, et nous avons confirmé le fait, déjà signalé par d'autres auteurs (²), que les propriétés oxydantes acquises par l'eau irradiée ne suffisaient pas à expliquer l'action exercée par les ultrasons agissant, en milieu aqueux, sur certains réactifs.

C'est en particulier le cas, pour de nombreux dérivés halogénés d'hydrocarbures CCl_4, $CHCl_3$, $C_2H_4Cl_2$, $C_2H_2Cl_4$, $CHBr_3$, CH_3I, C_4H_9I,...) qui, soumis, en présence d'eau et d'oxygène, à l'action des ultrasons, donnent lieu à la libération partielle de leur halogène (³), alors que cette libération ne se produit pas lorsqu'on fait agir sur eux, ainsi que nous l'avons reconnu, soit de l'eau aérée préalablement soumise à l'action prolongée des ultrasons, soit des solutions d'eau oxygénée ou d'ozone, ou d'un mélange de ces oxydants, analogues à celles que l'on obtient par irradiation de l'eau contenant de l'oxygène en dissolution.

C'est ainsi, par exemple, qu'en faisant barboter de l'oxygène ozonisé, à l'état de très fines bulles, dans une solution aqueuse de chloroforme, ou dans un mélange de tétrachlorure de carbone et d'eau, on n'obtient aucune libération d'ion Cl décelable par le nitrate d'argent, alors que, sous l'influence des vibra-

(²) *Comptes rendus*, 223, 1944, pp. 210-211.

(¹) *Comptes rendus*, 223, 1946, pp. 33-34.

(²) Szu Chih Lin et Hsien Wu, *J. Amer. Chem. Soc.*, 56, 1934, pp. 1005-1007.

(³) Schmitt, Johnson et Olsen, *ibid.*, 51, p. 370 et note (²) ci-dessus.

tions ultrasonores et en présence de NO_3Ag un précipité de chlorure d'argent apparaît immédiatement. Dans ce dernier cas, il est nécessaire que la proportion d'eau contenue dans ces mélanges ne s'abaisse pas au-dessous d'une certaine limite.

Le fait qu'aucune action appréciable ne se constate lorsqu'on ajoute de l'eau longuement irradiée à l'un des dérivés halogénés cités plus haut, alors que la libération d'halogène se réalise lorsque sa dissolution aqueuse aérée ou son mélange avec l'eau est soumise aux vibrations ultrasonores prouve que, dans ce dernier cas, intervient un facteur supplémentaire. En vue de chercher à caractériser ce facteur, nous avons fait passer un courant d'oxygène, de vapeur d'eau et de vapeur de chloroforme ou de tétrachlorure, par exemple, dans un ozoneur type Berthelot en fonctionnement à la température ambiante et sous la pression atmosphérique. A la condition que ce mélange ne soit pas trop riche en hydrocarbure halogéné, l'effluve passe normalement, et à sa sortie de l'appareil, le courant gazeux ayant subi l'action de l'effluve précipite l'halogénure insoluble dans la solution de NO_3Ag, acidulée par NO_3H.

Il paraît vraisemblable que dans son passage dans l'ozoneur en fonctionnement, le dérivé chloré, par exemple CCl_4, subit une réaction donnant naissance à de l'oxychlorure de carbone. Dans le but de contrôler l'exactitude de cette hypothèse, nous avons essayé de caractériser la présence éventuelle de cet oxychlorure par la réaction spécifique que l'un de nous a décrite (¹) (action de l'eau d'aniline et formation de diphénylurée). En dépit de la sensibilité de cette réaction, cette sensibilité n'est quand même pas suffisante pour permettre de saisir la présence éventuelle de $COCl_2$ dans un milieu aqueux où il ne se trouverait qu'à une concentration extrêmement faible dans des conditions où il serait rapidement hydrolysé.

Dans le cas où l'hydrocarbure halogéné soumis à l'irradiation, en milieux aqueux contenant de l'oxygène en dissolution, appartient à la série aromatique, la libération de l'halogène à laquelle il donne naissance se produit généralement aussi, mais de manière notablement moins apparente. C'est ainsi que le monochlorobenzène libère lui aussi des ions Cl, décelables par NO_3Ag et fournit simultanément des traces d'oxyde de diphényle $C_6H_5\text{-}O\text{-}C_6H_5$ reconnaissable par son odeur caractéristique d'essence de géranium.

L'irradiation, dans les mêmes conditions, des dérivés iodés tels que CH_3I, C_4H_9I, etc., s'accompagne d'une élimination d'iode mise en évidence par la coloration vive prise par l'eau au contact de laquelle se trouvent ces composés et par la réaction spécifique de l'iode avec l'empois d'amidon.

L'intervention nécessaire du facteur effluve dans les phénomènes décrits

(¹) A. Kling, *Comptes rendus*, **168**, 1919, pp. 773 et 891.

ci-dessus se trouve donc démontrée en ce qui concerne les hydrocarbures halogénés.

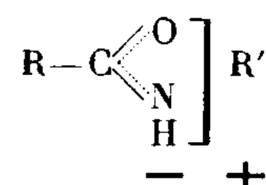
Nous rappellerons que certains auteurs ([5]) ont proposé d'expliquer la luminescence qui accompagne l'irradiation ultrasonore de l'eau et de certaines de ses solutions saturées d'air ou d'oxygène, par des décharges électriques prenant naissance dans les bulles de cavitation sous l'influence de potentiels analogues à ceux de Lénard ([6]).

Nous nous réservons de revenir ultérieurement sur l'examen de cette hypothèse ([7]).

SPECTROCHIMIE. — *Sur l'interprétation du spectre infrarouge des peptides et amides mono- et disubstitués (région de* 6^μ). Note de M. **Henri Lenormant**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Dans de précédentes Notes ([1]) nous avons montré la complexité du spectre infrarouge des peptides et amides monosubstitués dans la région de 6^μ. Au lieu d'un seul maximum vers $5^\mu,70$ à $5^\mu,80$ correspondant à la vibration de valence C=O que l'on observe pour tous les corps portant un carbonyle, on trouve deux fortes bandes à 6^μ et $6^\mu,40$-$6^\mu,50$.

Nous avons pu attribuer la bande $6^\mu,40$-$6^\mu,50$ à l'existence d'une forme spéciale, caractérisée par une véritable ionisation de la liaison N—C du radical N-substitué et un état de résonance quantique du groupe R—C(=O)—N(H) que l'on peut schématiser ainsi :



Nous avions alors attribué la bande 6^μ à l'existence d'une forme imino-alcool R—C(OH)=N—R', la double liaison C=N possédant précisément une bande à 6^μ, tout en faisant cependant remarquer l'anomalie qu'il y avait d'attribuer une bande aussi forte à une forme aussi instable qui ne peut guère

---

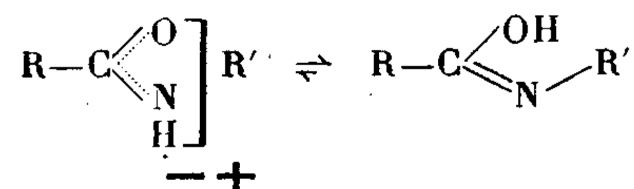
([5]) Harvey, *J. Amer. Chem. Soc.*, 61, 1939, p. 2342.

([6]) *Ann. der Physik*, 47, 1915, pp. 463-524.

([7]) Nos essais ont été effectués avec un appareillage dont les caractéristiques étaient : fréquence des vibrations, 403000 cycles/sec; puissance totale dissipée de l'ordre de 100 watts pour un volume de liquide de 30^{cm^3} environ, traité dans un ballon de verre à fond mince ($0^{mm},5$ en moyenne).

([1]) *Comptes rendus*, 221, 1945, pp. 58 et 545; 222, 1946, p. 136.

existir qu'en faible proportion dans l'équilibre

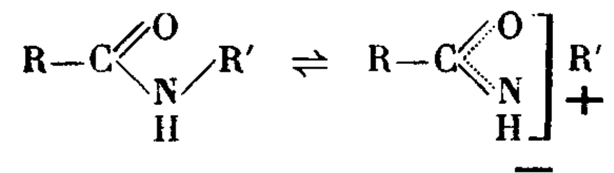


De nouvelles recherches nous permettent de suggérer une hypothèse beaucoup plus satisfaisante.

Les amides disubstitués ont un spectre simple caractérisé par une seule bande à 6^{μ} correspondant à une fréquence dans le spectre de Raman. Celle-ci ne peut être attribuée au groupement C=N, car l'imino ester $R{-}C{\lt}^{O-R'}_{N-R''}$ existe, parfaitement distinct de l'amide $R{-}C{\lt}^{O}_{N(R'')-R'}$. On ne peut non plus invoquer l'influence d'une liaison hydrogène à l'origine du déplacement considérable de la fréquence C=O.

La seule conclusion possible est que la bande 6^{μ} des amides disubstitués est due à la vibration de valence C=O fortement déplacée vers les grandes longueurs d'onde par le voisinage immédiat de l'azote qui agit dans le même sens, mais plus fortement que le noyau phényl.

Par analogie, on peut donner la même origine à la bande 6^{μ} des peptides et des amides monosubstitués, d'autant plus qu'il existe là aussi coïncidence du spectre Raman et du spectre infrarouge. Cette bande témoigne de l'existence, à côté de la forme ionique, d'une forme moléculaire représentable par la formule classique dans l'état d'équilibre suivant :



Le déplacement de la fréquence propre du carbonyle est peut-être dû à un relâchement de la force de liaison unissant les deux atomes de ce groupement et à une tendance vers l'état de mésomérie, qui ne s'établit ou ne se manifeste clairement dans le spectre que lors de l'ionisation de la molécule.

L'existence de la forme ionique, en dehors de conditions spéciales sur lesquelles nous reviendrons dans une publication ultérieure, paraît conditionnée par une position particulière *cis* du radical N-substitué par rapport à l'oxygène. En effet, dans tous les cas où ce radical est en position *trans* obligatoire, du fait de la disposition générale du composé (lactances-diatopipérozines), la bande $6^{\mu},40$ disparaît. Il n'existe qu'une seule bande située entre $5^{\mu},85$ et 6^{μ} selon les cas, sans que l'on puisse actuellement expliquer les raisons de ces variations.

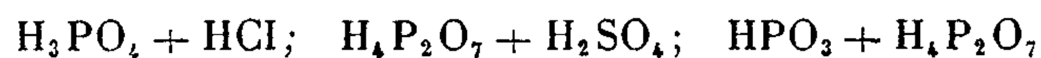
CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'analyse physicochimique des mélanges d'acides métaphosphorique, pyrophosphorique et orthophosphorique.* Note[1] de MM. **René Pâris** et **Jean Robert**, présentée par M. Pierre Jolibois.

De l'abondante littérature sur cette délicate et importante séparation analytique, mentionnons seulement les méthodes de Travers et Chu [2] et Gerber et Miles [3], dont la première, basée sur la précipitation des sels de Zn en milieu de pH contrôlé, est d'application longue, et la seconde, colorimétrique, nécessite des corrections que nous estimons nuisibles à sa précision.

Nous avons utilisé avec profit, dans une étude nécessitant de nombreux dosages de ces trois acides et qui sera publiée prochainement, un procédé rapide et suffisamment précis, faisant encore appel à la neutralisation progressive de ce mélange par une base forte, mais dans lequel les diverses étapes de la neutralisation sont caractérisées par l'une des méthodes physicochimiques classiques : thermométrie, potentiométrie, conductométrie.

L'acide métaphosphorique $(HPO_3)_n$ se conduit en solution comme un monoacide fort, tandis que l'acide pyrophosphorique $H_4P_2O_7$ est à considérer comme un diacide, et l'acide orthophosphorique H_3PO_4 comme un triacide. Si le mélange de ces trois acides est traité par des quantités croissantes de soude, la neutralisation des acidités fortes ($pK < 3$) donnera d'abord $(NaPO_3)_n$, $Na_2H_2P_2O_7$ et NaH_2PO_4, puis les acidités moyennes ($3 < pK < 8$) seront neutralisées avec formation de $Na_4P_2O_7$ et NaH_2PO_4, et enfin la troisième acidité faible ($pK = 12$) de l'acide *ortho* donnera par neutralisation Na_3PO_4.

Ainsi, le mélange de ces trois acides présentera, à la neutralisation, trois étapes qui rappellent exactement celles d'un mélange d'acides hypophosphoreux, phosphoreux et orthophosphorique. Les techniques décrites à ce sujet dans une Note précédente [4] lui sont de ce fait immédiatement applicables et nous n'indiquerons brièvement que l'essentiel de nos résultats. Tant que les solutions ne sont pas trop diluées (concentration supérieure à N/5), la méthode thermométrique est la plus facile à mettre en œuvre. Si l'acide *ortho* est en trop faible quantité, il est indiqué, pour obtenir une précision suffisante dans la troisième brisure de la courbe, d'ajouter une quantité connue de cet acide avant le dosage et de la déduire ensuite de la quantité totale trouvée. Pour vérifier l'exactitude de notre méthode d'analyse, nous l'avons appliquée d'abord à des mélanges binaires suivants de titre connu



$$H_3PO_4 + HCl;\quad H_4P_2O_7 + H_2SO_4;\quad HPO_3 + H_4P_2O_7$$

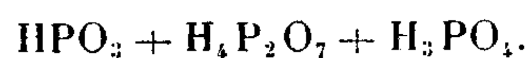
(1) Séance du 27 novembre 1946.

(2) *Helvetica Chimica Acta*, 16, 1933, p. 913.

(3) *Ind. Eng. Chem., Anal. Ed.*, 10, 1938, p. 519; 13, 1941, p. 406, voir aussi : Jones, *ibid.*, 14, 1942, p. 536.

(4) René Pâris et Pierre Tardy, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 242.

puis au mélange ternaire

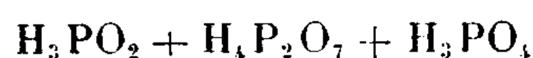


$$HPO_3 + H_4P_2O_7 + H_3PO_4.$$

Les approximations constatées généralement inférieures à 1 % n'oscillent entre 1 et 2 % que dans les cas défavorables où les acides sont en proportions très différentes dans le mélange.

La méthode potentiométrique est applicable avec addition de $AgNO_3$ (de préférence à $BaCl_2$) après la deuxième inflexion de la courbe. Gerber et Miles utilisent d'ailleurs le même tour de main dans leur méthode colorimétrique. Quant à la méthode conductométrique, nous n'avons pas pu jusqu'à présent lui reconnaître une précision comparable aux deux précédentes.

Généralisation. — La méthode de neutralisation progressive suivie thermiquement, potentiométriquement ou conductométriquement permet donc de résoudre avec rapidité par le tracé d'une seule courbe des problèmes analytiques très variés, dosage d'un acide faible à côté d'un acide fort, dosage de mélanges de trois acides comportant un diacide à deux forces inégales et un triacide à trois forces inégales, etc. A titre d'exemples non limitatifs, signalons la possibilité de doser ainsi les mélanges



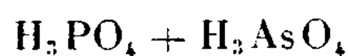
$$H_3PO_2 + H_4P_2O_7 + H_3PO_4$$

ou bien



$$HCl + CH_3COOH + H_3AsO_4,$$

alors que des mélanges tels que



$$H_3PO_4 + H_3AsO_4$$

ou bien



$$H_3PO_2 + HCl + H_3PO_3$$

ne peuvent être analysés par ce procédé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses de carbures diéthyléniques à partir du furfural : hexadiènes-*1.3, 1.4 *et* 2.4. Note ([1]) de MM. **Raymond Paul** et **Serge Tchelitcheff**, présentée par M. Marcel Delépine.

Trois carbures diéthyléniques au moins ont déjà été préparés à l'aide de dérivés du furfural : le butadiène ([2]), le pentadiène-1.3 (pipérylène) ([3]) et le pentadiène-1.4 (divinylméthane) ([4]), qui ont été obtenus respectivement à partir du tétrahydrofuranne, du méthyl-2 tétrahydrofuranne et de l'acétate du pentène-4 ol-1.

([1]) Séance du 27 novembre 1946.

([2]) *I. G. Farbenindustrie Brit. Pat.*, **844**.893, du 18 oct. 1938.

([3]) Soc. des Usines de Melle et H. Guinot, Brevet français, **811**.695 du 3 janv. 1936.

([4]) R. Paul et H. Normant, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 689. *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **11**, 1944, p. 365.

Or, l'un de nous a décrit une série de réactions conduisant du furfural aux époxydes 1.4 ([5]) ou 1.5 ([6]) et a indiqué comment à partir de ces époxydes on pouvait préparer les acétates des alcools éthyléniques 1.3, 1.4 ou 1.5, ainsi que les diesters acétiques des diols 1.4 ou 1.5 ([7]). Tous ces composés, époxydes, acétates d'alcools éthyléniques et diesters de diols peuvent être utilisés avantageusement à la préparation de carbures diéthyléniques : à titre d'exemple, nous décrirons la préparation des hexadiènes 1.3, 1.4 et 2.4, à partir de deux époxydes isomères, l'éthyl-2 tétrahydrofuranne et le méthyl-2 tétrahydropyranne, ou de leurs dérivés.

La préparation de ces deux époxydes ([5]), ([6]) a été décrite en détail dans d'autres Mémoires, ainsi que leur transformation en acétate d'hexène-4 ol-1 et diester acétique de l'hexanediol-1.5 pour le méthyl-2 tétrahydropyranne ([7]), en un mélange d'acétates d'hexène-4 ol-1 et d'hexène-3 ol-1 d'une part, et en diester acétique de l'hexanediol-1.4, d'autre part, pour l'éthyl-2 tétrahydrofuranne ([7]),

1° *Déshydratation des époxydes.* — On fait passer, à raison de 30^{g} par heure, l'époxyde dans un tube de quartz de 70^{cm} de long sur 2^{cm} de diamètre et rempli de phosphate d'aluminium chauffé à 400°. Le tube a été purgé d'air au préalable par un courant d'azote.

Avec l'éthyl-2 tétrahydrofuranne, le coefficient de transformation a été de 59 % et l'on a obtenu avec un rendement de 70 % un mélange d'hexadiène répondant à la composition suivante : hexadiène-1.4, 45 %; hexadiène-1.3, 16 %; hexadiène-2.4, 35 %.

La déshydratation du méthyl-2 tétrahydropyranne, dans les mêmes conditions, est bien plus difficile; le coefficient de transformation n'est que de 25 % et nous n'avons pu identifier de façon certaine que l'hexadiène-1.4.

2° *Pyrogénation des acétates d'hexényle.* — On a utilisé un tube semblable au précédent, mais simplement rempli de coton de verre; la pyrogénation a été conduite exactement comme il a été indiqué pour l'acétate de pentényle ([4]).

	Acétates d'hexényle provenant de	
	éthyl-2 tétra-hydrofuranne.	méthyl-2 tétra-hydropyranne.
Température (°C.)	560	520
Débit horaire (grammes)	30	30
Rendement en carbures (%)	87	86
Proportion des carbures (%).		
Pentadiène-1.3	5	1
Hexadiène-1.3	10	11
» -1.4	75	77
» -2.4	8	5

([5]) R. PAUL, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 1053.
([6]) R. PAUL, *ibid.*, 5e série, 2, 1935, p. 311.
([7]) R. PAUL, *ibid.*, 5e série, 6, 1939, p. 1162.

3° *Pyrogénation des diesters acétiques des hexanediols.* — On opère avec le même dispositif que pour la pyrogénation des acétates d'hexényle,

	Diester acétique de	
	l'hexanediol-1.4.	l'hexanediol-1.5.
Température (°C.)	600	560
Débit horaire (grammes)	30	30
Rendement en carbures (%)	86	92
Proportion des carbures (%).		
Pentadiène-1.3	–	4
Hexadiène-1.3	31	12
» -1.4	28	65
» -2.4	24	12

Ces résultats montrent que si l'on a en vue l'obtention d'un carbure déterminé, il n'est pas indifférent de s'adresser à l'une ou l'autre de ces trois méthodes.

Isolement et caractérisation des carbures. — Comme les points d'ébullition des différents carbures sont assez éloignés, leur séparation se fait assez facilement par distillation fractionnée avec une colonne Widmer de 30^{cm}. Les dernières traces d'acétone sont éliminées par un traitement à la phénylhydrazine, suivi d'une dessiccation sur le sodium, avant rectification finale.

Le pentadiène-1.3, bouillant à 41-42°, a été identifié par sa condensation avec l'anhydride maléique en *anhydride méthyl*-3 *tétrahydro*-1.2.3.6 *phtalique*, fusible à 62°.

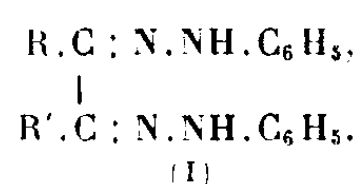
L'hexadiène-1.3 bouillait à 71-71°,5 (D_4^{20} 0,707, N_D^{20} 1,4271; R. M. tr. 29,78, calc. 28,98). Par dissolution de son adduct maléique dans l'hydroxyde de sodium et précipitation par un léger excès d'acide chlorhydrique, nous avons obtenu l'*acide éthyl*-3 *tétrahydro*-1.2.3.6 *phtalique* fondant à 183° (C % tr. 60,3, calc. 60,6; H % tr. 7,3, cal. 7,1)

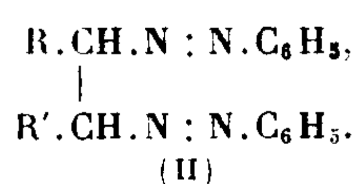
L'hexadiène-1,4 distillait entre 65 et 66°; ses constantes lui assignent une réfraction moléculaire normale (D_4^{20} 0,712, N_D^{20} 1,4151; R. M. tr. 28,85, calc. 28,98),

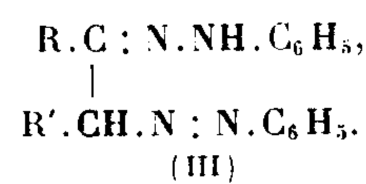
L'hexadiène-2.4 bouillant à 80-81° (D_4^{19} 0,738, N_D^{19} 1,4524; R. M. tr. 30,30, calc. 28,98), a été caractérisé par son produit de condensation avec l'anhydride maléique, l'anhydride diméthyl-3.6 tétrahydro-1.2.3.6 phtalique (F 96°) et par sa transformation en tétrabromo-2.3.4.5 hexane, fusible à 182°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Remarques sur la structure de quelques phénylosazones d'après leurs spectres d'absorption.* Note [1] de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Marcel Delépine.

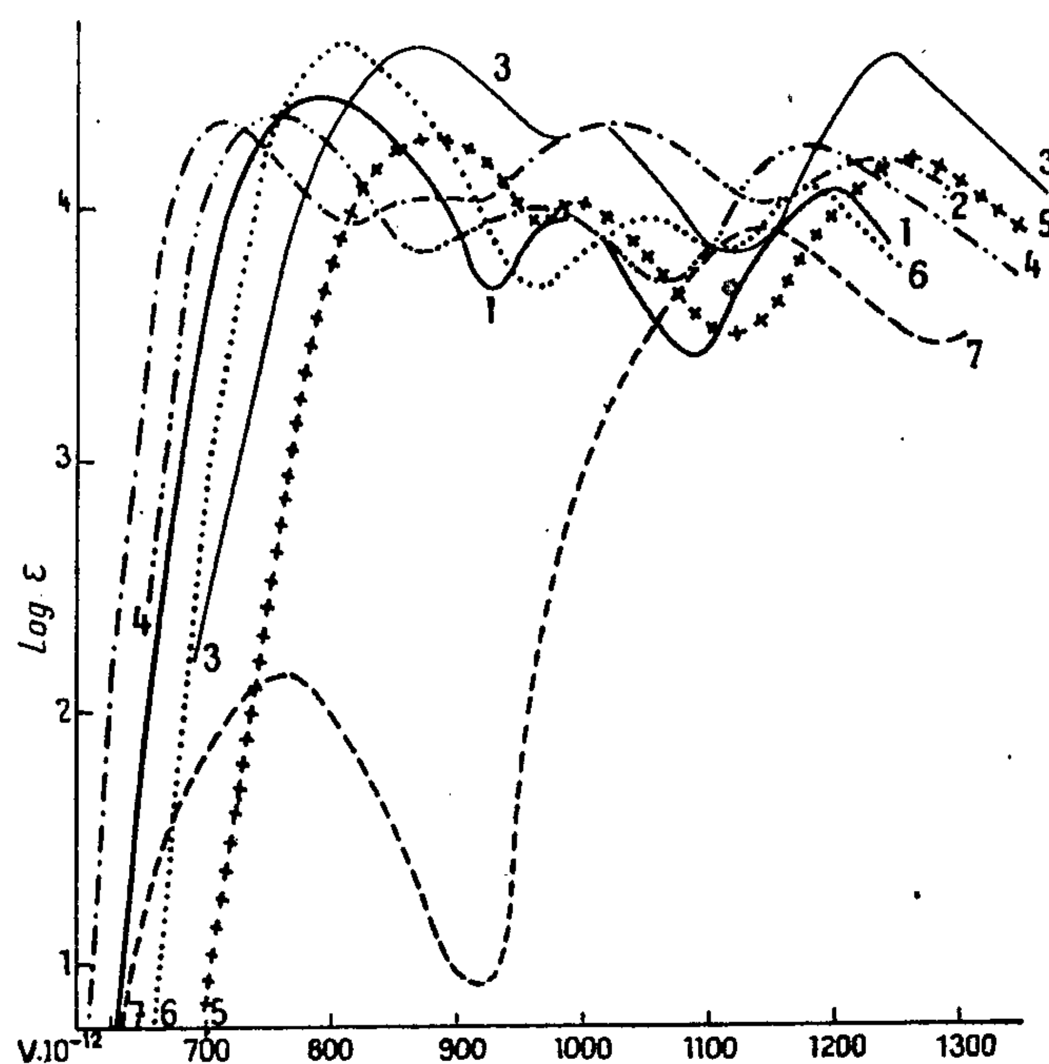
Baly et ses collaborateurs [2], supposant tacitement que la N-méthylation des phénylhydrazones ne doit pas influencer sensiblement l'absorption, ont conclu, d'après des mesures spectrales, que, en solution neutre, les phénylosazones des α-dicétones existent sous forme hydrazonique (I) et les phénylosazones du phénylglyoxal et du glucose partiellement ou entièrement sous forme azoïque (II).







En vue de lever la contradiction entre ces conclusions et celles des études



chimiques [3] concernant la structure des phénylosazones du phénylglyoxal et du glucose, j'ai mesuré les spectres d'absorption (dans l'ultraviolet et le visible) des solutions alcooliques des phénylosazones du glyoxal P. F. 180° (courbe 1), du phénylglyoxal P. F. 152° (courbe 2), du benzile P. F. 218° (courbe 3) et

(1) Séance du 2 décembre 1944.

(2) Baly, Tuck, Marsden et Gazdar, *J. Chem. Soc. London*, **91**, 1907, p. 1584.

(3) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1998.

du glucose P. F. 208° (courbe 4). J'ai tracé également sur la même figure les courbes d'absorption des phénylhydrazones de la benzophénone (courbe 5), de l'aldéhyde cinnamique P. F. 170° (courbe 6), ainsi que celle du méthane-azobenzène (courbe 7).

Il est possible de déterminer la structure des phénylosazones précédentes d'après leurs spectres d'absorption en s'appuyant principalement sur les considérations suivantes : 1° la substitution des H de CH_3 du méthane-azobenzène par des alcoyles ou des aryles est *sans influence* sensible sur l'allure générale du spectre ([4]); 2° par contre, le remplacement d'un ou des deux H du groupe $-CH=N.NH-$ de l'éthylidène-phénylhydrazine par des alcoyles ou des aryles peut modifier *profondément* l'absorption ([5]). C'est ainsi par exemple que les spectres des phényl- et méthylphénylhydrazones de l'acétophénone ou de la propiophénone sont très différents (forme et position des bandes), les formes des courbes des méthylphénylhydrazones s'approchant de celles des β-alcoyl-phénylhydrazines ([4]) et des aniles ([5]). Il en résulte que la similitude des spectres des phényl- et méthylphénylosazones peut dépendre, dans certains cas, contrairement à l'hypothèse de Baly et de ses collaborateurs, de la structure des corps dicarbonylés et que, par suite, les méthylphényl- et phénylosazones, tout en ayant des absorptions différentes, peuvent avoir la même structure; 3° en supposant que l'influence exercée entre les chromophores azotés des composés des types (II) et (III) est négligeable (ce qui est très plausible), on peut admettre que l'absorption de ces substances doit être approximativement identique à celle des mélanges équimoléculaires des corps $R.CH_2.N:N.C_6H_5$ et $R'.CH_2.N:N.C_6H_5$ pour les composés du type (II) et des corps $R.CH:N.NH.C_6H_5$ et $R'.CH_2.N:N.C_6H_5$ pour les substances du type (III).

Par suite, si les considérations précédentes sont valables pour les composés des types (I), (II) et (III), ce qui est très probable, le fait que les spectres d'absorption des phénylosazones du glyoxal, du phénylglyoxal, du benzile et du glucose, semblables entre eux, ressemblent à ceux des phénylhydrazones de la benzophénone et de l'aldéhyde cinnamique d'une part, et sont très différents de celui du méthane-azobenzène d'autre part, conduit à admettre : que les phénylosazones précédentes se trouvent, en solution alcoolique, principalement ([6]) sous forme phénylhydrazonique (I), et que les conclusions de Baly et de ses collaborateurs concernant la structure des phénylosazones du phénylglyoxal et du glucose ne peuvent pas être retenues.

([4]) P. Grammaticakis, *Praktika de l'Académie d'Athènes*, **16**, 1941, p. 118.

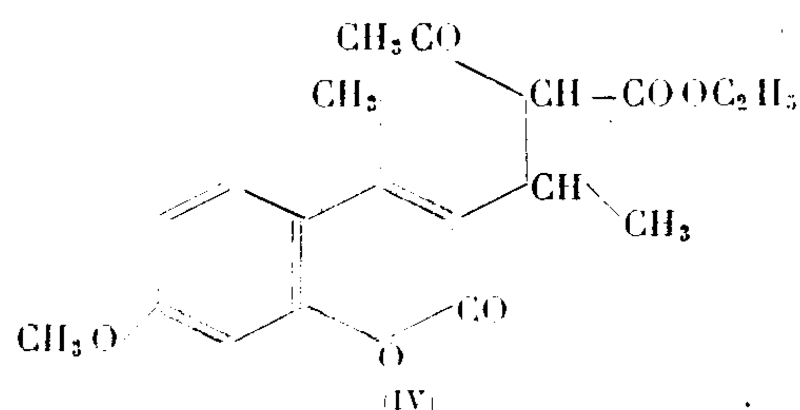
([5]) Mme Ramart-Lucas, Hoch et Martynoff, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 481.

([6]) La précision des mesures spectrales ne permet pas d'exclure la présence dans les solutions alcooliques des phénylosazones des petites quantités des formes isomères absorbant *dans* la même région.

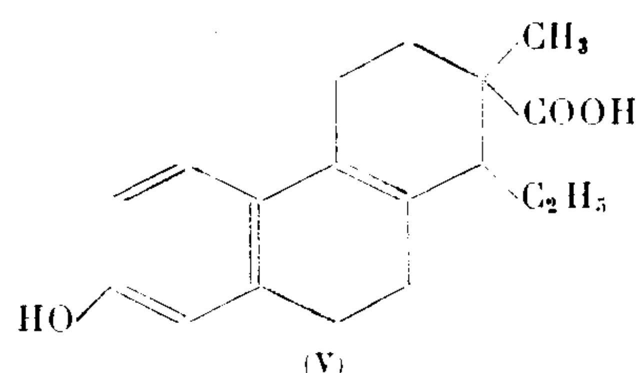
En résumé, les spectres d'absorption, en accord avec le comportement chimique, montrent que les phénylosazones du glyoxal, du phénylglyoxal, du benzile et du glucose possèdent, en solution alcoolique, la structure phénylhydrazonique (I).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la bromuration des coumarines au moyen de la N-bromosuccinimide*. Note ([1]) de MM. **Darius Molho** et **Charles Mentzer**, présentée par M. Marcel Delépine.

A la suite de Ziegler, Späth, Schaaf, Schumann et Winkelmann ([2]) qui ont démontré la possibilité de bromer le groupement $—CH_2$ voisin d'une double liaison éthylénique par la N-bromosuccinimide, Buu-Hoï ([3]) puis H. Schmid et P. Karrer ([4]) ont utilisé ce réactif pour fixer du brome sur les chaînes latérales de certains dérivés aromatiques. Ayant eu besoin de notre côté de dérivés bromométhylés de la série coumarinique, nous avons essayé tout d'abord de faire réagir la N-bromosuccinimide sur la méthyl-4 méthoxy-7 coumarine dans l'espoir d'aboutir à la bromométhyl-4 méthoxy-7 coumarine.



(IV)



(V)

Au cours de cette réaction, il y a eu effectivement fixation de brome sur la molécule, mais en position 3 sur le cycle α-pyronique. La substance obtenue est en effet identique à la bromo-3 méthyl-4 méthoxy-7 coumarine déjà préparée précédemment par action du brome sur l'éther méthylique de la méthyl-4 ombelliférone ([5]). N'ayant pas réussi à bromer le méthyle en position 4, nous avons étudié l'action de la N-bromosuccinimide sur la coumarine méthylée en 3; nous avons ainsi obtenu un dérivé dans lequel le brome ne se trouve ni en 4, ni en 6 et qui doit donc être la bromométhyl-3 coumarine jusqu'ici inconnue. L'isomère bromé en 6 avait été déjà préparé par Perkin ([6]); quant à la bromo-4

([1]) Séance du 9 décembre 1946.
([2]) *Liebig's Ann. der Chemie*, **551**, 1942, p. 80.
([3]) *Annalen*, **556**, 1943, p. 1.
([4]) *Helv. Chim. Acta*, **29**, 1946, p. 573.
([5]) D. B. Limaye et N. V. Bhide, *Rasayanam*, **1**, 1938, pp. 136-140; *Chem. Zentralblatt*, **1**, 1939, p. 4034.
([6]) *Chem. Soc.*, **28**, 1875, p. 12.

méthyl-3 coumarine, nous l'avons obtenue par synthèse à titre comparatif, en faisant réagir du pentabromure de phosphore sur la méthyl-3 hydroxy-4 coumarine. Ayant ainsi mis en évidence la possibilité de bromer les chaînes latérales fixées en 3, nous avons généralisé le procédé à d'autres coumarines substituées en cette position. Ainsi l'éthyl-3 méthyl-4 méthoxy-7 coumarine a abouti à l'α-brométhyl-3 méthyl-4 méthoxy-7 coumarine, qui réagit très facilement avec l'acétylacétate d'éthyle sodé en donnant une substance de formule (IV), apparentée à l'acide doisynolique (V).

PARTIE EXPÉRIMENTALE. — En ce qui concerne la *technique de bromuration au moyen de la N-bromosuccinimide,* nous avons opéré conformément aux indications de Ziegler et collaborateurs ([2]).

Bromo-3 méthyl-4 méthoxy-7 coumarine, $C_{11}H_9O_3Br$ en partant de la méthyl-4 méthoxy-7 coumarine. F 147°. Ce corps avait déjà été obtenu par Limaye et Bhide par bromuration au brome dans l'acide acétique ([5]).

Bromométhyl-3 coumarine, $C_{10}H_7O_2Br$. — En partant de la méthyl-3 coumarine, F 120°. Br % tr. 32,9, calc. 33,48.

α-Brométhyl-3 méthyl-4 méthoxy-7 coumarine, $C_{13}H_{13}O_3Br$. — En partant de l'éthyl-3 méthyl-4 méthoxy-7 coumarine, F 125°, rendement 60 %. C % tr. 52,8, calc. 52,5; H % tr. 4,26, calc. 4,37. Au cours de l'action de la N-bromosuccinimide, il se forme, en plus du corps cherché, une petite quantité (15 % environ) d'éthyl-3 méthyl-4 bromo-6 méthoxy-7 coumarine (F 182°) qui peut être isolée grâce à sa solubilité moins grande dans l'alcool.

La bromuration par le brome en milieu acétique suivant Limaye et collaborateurs ([5]) a abouti aux corps suivants, avec des rendements de 80 à 90 %.

Éthyl-3 méthyl-4 bromo-6 méthoxy-7 coumarine, $C_{13}H_{13}O_3Br$; F 182°. C % calc. 52,5, tr. 51,9; H % calc. 4,37, tr. 4,35.

n-Propyl-3 méthyl-4 bromo-6 méthoxy-7 coumarine, $C_{14}H_{15}O_3Br$; F 160°. C % calc. 54,. tr. 54; H % calc. 4,82, tr. 4,97.

Technique de bromuration en 4 des hydroxy-4 coumarines. — Alors qu'il est très facile de remplacer l'oxhydrile de l'hydroxy-4 méthyl-3 coumarine par du chlore au moyen de PCl_5 ([7]), l'action de PBr_5 pur sur le même dérivé ne nous a donné aucun résultat, quel que soit le temps de chauffage en solution chloroformique. Par contre nous avons pu effectuer la bromuration en ajoutant à la solution quelques milligrammes d'un mélange catalyseur renfermant les constituants suivants : pentachlorure de phosphore brut, iodure de potassium, iodure de sodium, nitrate ferrique; de cette façon nous avons préparé la *méthyl-3 bromo-4 coumarine,* $C_{10}H_7O_2Br$; F 157°. Br % tr. 34,1, calc. 33,48.

Méthyl-4 méthoxy-7 α-acétyl β-méthyl-coumarine-propionate d'éthyle-3, $C_{19}H_{22}O_6$. — Dissoudre $0^g,4$ de sodium dans 20^{cm^3} d'alcool absolu; ajouter 3^g d'[α-brométhyl-]-3 méthyl-4 méthoxy-7 coumarine pulvérisée; chauffer au reflux pendant 8 heures. Chasser l'alcool, verser le résidu dans un excès d'eau, extraire les impuretés à l'éther, acidifier la solution par HCl dilué. Le précipité recristallisé fond à 181°; C % calc. 65,8, tr. 65,7; H % calc. 6,35, tr. 6,13. Quantité obtenue 1^g.

([7]) C. MENTZER et P. MEUNIER, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **10**, 1943, pp. 336-361.

([8]) Les microanalyses ont été effectués par MM. C. Sannié et E. Kahane.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un mode singulier de formation du diphényl-1.3 isobenzofuran.* Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Serge Écary**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une brève Note de prise de date parue aux Procès-verbaux de la Société Chimique ([1]) nous avions fait connaître que nous pensions avoir obtenu la diphényl-1.3 isobenzocyclopentadiènone (I) par déshydratation d'un corps déjà connu ([2]), l'hydroxy-1diphényl-1.3 benzocyclopentanone-2 (II). Notre opinion était fondée avant tout sur les résultats de l'analyse centésimale, mais, en plus, sur la facilité supposée de la déshydratation du cétol (II). Elle était appuyée par les propriétés du corps obtenu, spécialement la photooxydabilité annoncée par la constitution admise (I) et constatée effectivement chez un corps étroitement apparenté ([3]), la phénecyclone de Dilthey (IV), qui n'est rien d'autre que le dibenzodérivé de (I).

Avant de publier le mémoire détaillé nous avons tenu à confirmer la constitution admise pour le produit de transformation du composé (II), ce qui nous a conduit à rejeter la formule (I) pour lui substituer, de manière tout à fait inattendue, celle du diphénylisobenzofuran (III). Deux remarques sont à faire immédiatement. Premièrement, les compositions centésimales des corps (I) et (III) sont voisines, ce qui justifie l'adoption de la formule la plus naturelle :

$$C\ \%,\ (I)\ (C_{21}H_{14}O) = 89,33;\ (III)\ (C_{20}H_{14}O) = 88,86;\ \text{trouvé}\ 89,0;$$
$$H\ \%,\ (I) = 5,00;\ (III) = 5,22;\ \text{trouvé}\ 5,20.$$

Secondement, les deux formules ne diffèrent que par un atome de carbone; en passant de (I), le corps attendu ($C_{21}H_{14}O$), à (III), le corps obtenu ($C_{20}H_{14}O$), l'édifice moléculaire ne subit rien d'autre que la perte d'un carbone. Voyons comment s'explique cette réaction anormale.

Pour obtenir l'isobenzofuran (III), il suffit de dissoudre le cétol (II) dans de la potasse alcoolique et de décomposer le sel par un acide fort; les rendements atteignent 80 %. On a peine à imaginer qu'une opération aussi simple ait pour effet d'enlever l'atome de carbone du carbonyle et de lui substituer l'atome d'oxygène qu'il porte. Nous avons supposé d'abord qu'il y avait élimination d'aldéhyde formique, HCHO, conformément, d'ailleurs, à l'équation brute de la réaction $C_{21}H_{16}O_2 \rightarrow C_{20}H_{14}O + HCHO$; on avait alors envisagé une scission hydrolytique, suivie du décrochage de formol et d'une cyclisation oxydique par opposition de deux oxhydryles. Nous avons écarté toute inter-

---

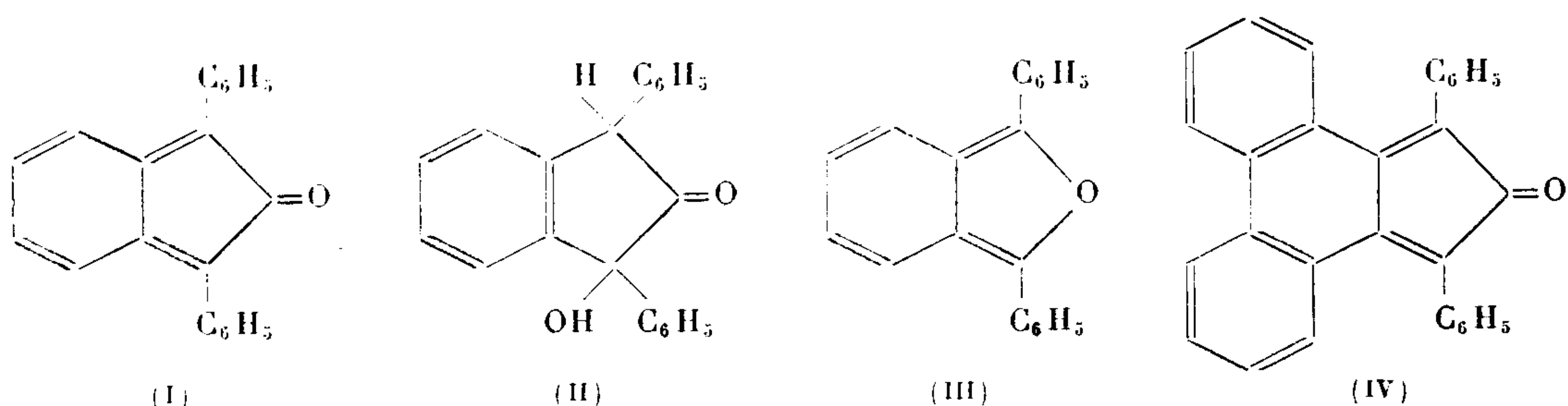
([1]) *Soc. Chim.*, *Procès-Verbal*, séance du 6 juillet 1945.

([2]) C. F. Koelsch, *Am. Soc.*, **58**, 1936, p. 1324.

([3]) W. Dilthey, I. ter Horst et W. Schommer, *J. prakt. Chem.*, **143**, 1935, p. 189.

prétation de ce genre quand nous avons reconnu que la solution alcaline du cétol était le siège d'une autoxydation intense, nécessaire à l'apparition de l'isobenzofuran. Si l'on opère entièrement sous vide, il ne se fait pas trace de ce produit et dans l'oxygène pur, au contraire, il s'en fait mieux que dans l'air. D'autre part, des mesures de vitesse d'absorption du gaz ont établi que la solution alcaline de cétol est presque aussi avide d'oxygène que celle de pyrogallate de potassium.

La transformation de (II) en (III) est donc conditionnée par une autoxydation. Selon toute probabilité, c'est la forme énolique, ou plutôt son sel, qui subit cette attaque; mais ce point particulier appelle de nouvelles recherches.



CHIMIE ORGANIQUE. — *Réactivité comparée des acétates d'hydroxybenzaldéhydes aromatiques*. Note de MM. **Gustave Vavon** et **Jean Scandel**, présentée par M. Marcel Delépine.

La présente Note fait suite à un travail de l'un de nous avec P. Anziani puis avec P. Monthéard (²) dont voici les conclusions : les oximes, les phénylhydrazones, les semicarbazones et les bases de Schiff se font beaucoup plus vite pour les aldéhydes aromatiques *o*.hydroxylées que pour leurs isomères méta ou para. Cette anomalie dans la vitesse est liée à la présence de H *aldéhydique et non de* H *phénolique :* elle disparaît quand on remplace le premier par CH_3 (hydroxyacétophénone) et non le second (méthoxybenzaldéhyde).

Nous avons cherché si une telle influence se faisait sentir sur les *réactions de la fonction phénol,* en particulier sur la saponification des acétates.

Les expériences ont porté sur les acétates : des aldéhydes salicylique et *p*-hydroxybenzoïque, des hydroxy-2 et hydroxy-4 naphtaldéhydes-1 de l'*o*- et de la *p*-hydroxyacétophénones, des hydroxy-2 et hydroxy-4 acétyl-1 naphtalènes, et les acétates de phényle et de β-naphtyle.

Technique. — On ne peut employer la soude qui saponifie instantanément, même à 0°, l'acétate de l'aldéhyde salicylique et celui de la 2-hydroxynaphtal-

(¹) G. Vavon et P. Anziani, *Bull. Soc. Chim.*, **4**, 1937, p. 20.
(²) G. Vavon et P. Montheard, *Bull. Soc. Chim.*, 7, 1940, p. 551.

déhyde. Après de nombreux essais, nous avons choisi la quinine, K $\# 10^{-7}$, en solution dans l'alcool à 60°.

La prise d'essai est mise dans ClH titré, pris en excès, en présence de benzène; le chlorhydrate de quinine reste dissous dans l'eau ainsi que la plus grande partie de l'acide acétique formé, tandis que le benzène emporte l'acétate non saponifié. On décante, lave le benzène à l'eau; aux solutions aqueuses on ajoute un excès de soude et du benzène qui dissout la quinine; on décante et titre l'excès de soude en présence de phtaléine. Cette technique est peu précise, mais suffisante pour le but poursuivi.

Étant donné les grandes différences de réactivité, nous n'avons pu faire toutes les expériences à la même température. Nous avons extrapolé en prenant comme coefficient de température 1,9, moyenne de différentes déterminations.

Les résultats obtenus figurent dans le tableau ci-dessous, temps en minutes, C = N/10 en acétate et N/5 en base.

Acétate de	Température.	Temps pour 35 %.	Temps relatifs.
I. Phényle	84°	540	240000
II. Aldéhyde salicylique	0	0,5	1
III. » *p*-hydroxybenzoïque.	44	45	1500
IV. *o*-hydroxyacétophénone	84	15	6600
V. *p*-hydroxyacétophénone	84	12	5300
VI. β-naphtyle	84	150	66000
VII. Hydroxy-2 naphtaldéhyde-1	0	2,5	5
VIII. » -4 »	54	420	27000
IX. Hydroxy-2 acétyl-1 naphtalène.	84	135	30000

Si l'on compare les acétates d'un même couple d'aldéhydes, on a comme temps 1 et 1500 pour II et III, 5 et 27000 pour VII et VIII, tandis que pour le couple de cétones IV et V les temps sont du même ordre de grandeur, 6600 et 5300.

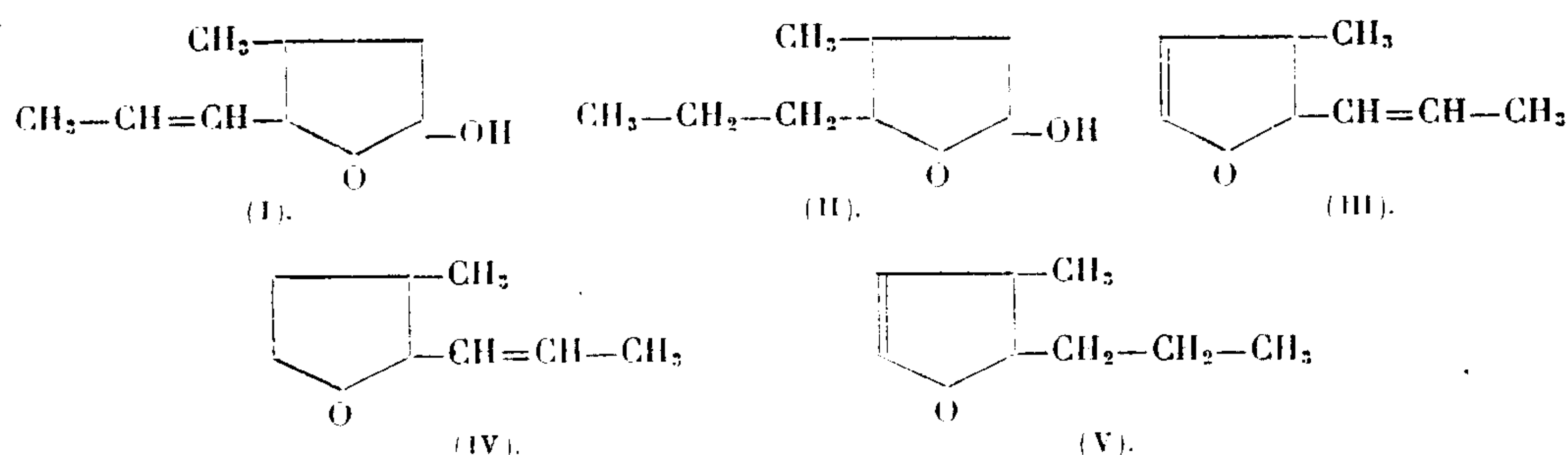
Ici encore l'*anomalie de vitesse est liée à la présence de* H *aldéhydique sur le sommet voisin de la fonction acétate*. Ceci peut s'interpréter par une chélation entre H aldéhydique et O phénolique dans la molécule activée qui réagit, ce qui ne préjuge en rien de la structure de la masse des molécules non activées.

L'étude de la formation des oximes, phénylhydrazones et semicarbazones des acétates précédents conduit aux mêmes conclusions. C'est ainsi que pour les deux couples d'acétates d'hydroxyaldéhydes, on a comme temps relatifs de demi-réaction :

	Oxime.	Phénylhydrazone.	Semicarbazone.
o-hydroxybenzaldéhyde...	1	1	1
p- » ...	120	200	32
hydroxy-2 naphtaldéhyde.	1	1	1
» -4 » .	23	16	14

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réductions condensatrices : déshydratation d'α-hydroxy-tétrahydrofurannes.* Note de M. **Charles Glacet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours d'une première Note [1] sur la réduction de l'aldéhyde crotonique par le magnésium et l'acide acétique, nous avons montré que ce mode de réduction conduisait principalement à deux hydroxytétrahydrofurannes; nous avions alors essayé d'établir la structure de ces corps en partant de leurs propriétés physicochimiques et de celles de leurs produits de déshydratation par différents agents. La suite de nos recherches ayant montré que les premières conclusions que nous avions avancées étaient partiellement inexactes, nous avons établi par la suite [2] que les produits isolés étaient deux stéréoisomères de l'α-hydroxy α'-propényl β'-méthyltétrahydrofuranne (I); nous avons appelé forme A la fraction qui distille E_{10} 102-103°, et forme B celle que l'on isole à 108-109° sous 10^{mm}.



Disposant maintenant d'un outillage plus puissant qui nous permet de préparer rapidement des quantités importantes des stéréoisomères A et B, nous avons repris et développé l'étude de leurs produits de déshydratation. Le chauffage des acétines de A et de B au delà de 150° permet d'obtenir facilement un carbure dihydrofurannique; celui-ci (III) est constitué presque uniquement d'un seul stéréoisomère E_{10} 58°,5-59°,5, par conséquent les formes A et B de l'hydroxytétrahydrofuranne de départ (I) ne diffèrent que par la position spatiale de leurs groupements propényl et hydroxy. La structure de (III) a été établie par hydrogénation sur nickel de Raney; on obtient ainsi l'α-propyl β-méthyltétrahydrofuranne identique à celui que fournit la déshydratation sulfurique du méthyl-3 heptanediol-1.4.

Nous avons également préparé l'α-propényl β-méthyl tétrahydrofuranne (IV) et son isomère l'α-propyl β-méthyl α-β-dihydrofuranne (V); le premier provient de l'hydrogénation catalytique de (III) au moyen d'un nickel de Raney

(1) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1323.
(2) *Ibid.*, **222**, 1946, p. 501.

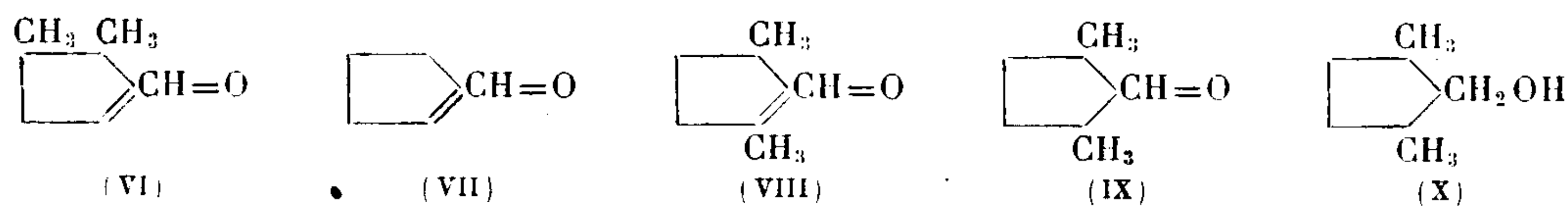
très peu actif, le second a été obtenu facilement par chauffage de l'acétine de l'α-hydroxy α'-propyl β'-méthyltétrahydrofuranne (II) forme A ou B; tous deux conduisent par hydrogénation catalytique (nickel Raney) au même α-propyl β-méthyltétrahydrofuranne.

L'α-propényl β-méthyl α-β-dihydrofuranne (III) réagit lentement sur l'hydroxylamine, à la suite probablement d'une isomérisation en aldéhyde provoquée par l'ionisation de la double liaison et par l'influence du radical électronégatif en α; tandis que (IV) et (V) sont sans action sur l'hydroxylamine. Les carbures dihydrofuranniques fixent très facilement, vers 100°, une molécule d'acide acétique; ils permettent ainsi d'obtenir quantitativement la forme A d'une acétine d'α-hydroxytétrahydrofuranne; comme ces carbures peuvent s'obtenir à partir de l'acétine forme B, il y a là un moyen commode de passer de l'hydroxytétrahydrofuranne forme B, ou d'un mélange de la forme B et de la forme A, à la forme A pure.

Il est généralement très difficile d'obtenir la fixation d'acide acétique sur une liaison éthylénique, nous constatons ici qu'elle se produit très aisément; la similitude des fréquences Raman des doubles liaisons du cyclopentène et des dihydrofurannes nous fait supposer que cette réaction doit se réaliser commodément avec les dérivés du cyclopentène et nous nous proposons de rechercher quels sont les facteurs qui favorisent la fixation d'acides organiques ou de leurs dérivés sur les liaisons éthyléniques.

Les résultats obtenus sont plus complexes lorsque l'on déshydrate les hydroxytétrahydrofurannes eux-mêmes; par déshydratation de la forme A, on arrive encore au carbure (III) à peu près pur; par contre, la forme B donne principalement un produit de déshydratation anormale, mélangé de 30 % environ de (III).

Le nouveau produit obtenu, qui a pour formule brute $C_8H_{12}O$, réagit rapidement sur l'hydroxylamine, plus rapidement même que le diméthyl-2.3 cyclopentène-5 formaldéhyde-1 (VI) que nous avons préparé suivant Urion ([3]); c'est certainement un aldéhyde cyclique éthylénique car, par fixation d'hydrogène, il conduit à un corps $C_8H_{14}O$ réagissant rapidement sur l'hydroxylamine, alors que des produits comme (IV) ou (V) sont sans action sur ce réactif; il est d'ailleurs difficile de s'arrêter à un produit d'hydrogénation partielle, car on obtient facilement un alcool cyclique $C_8H_{16}O$ dont la phényluréthanne fond à 93°,4-93°,6.

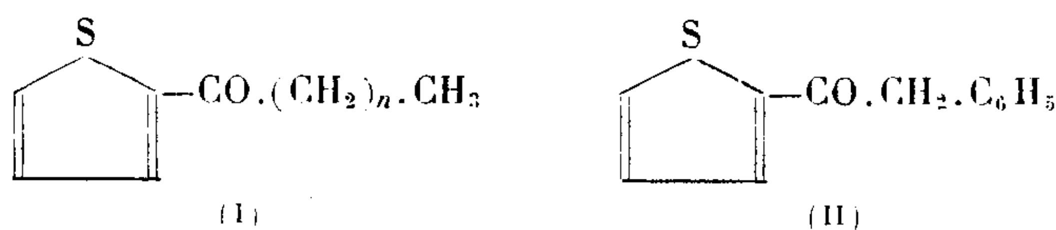


([3]) *Annales de Chimie*, [11], 1, 1934, p. 5.

La faible mobilité des hydrogènes des groupements CH_3 doit nous permettre de retrouver ces groupements inaltérés dans le nouveau produit de déshydratation, et nous avons pensé qu'il s'agit probablement de (VIII). Ce corps, plus symétrique que (VI), aurait effectivement une température d'ébullition inférieure de 5 à 6° à celle de (VI); la fréquence Raman 1610 cm^{-1} de sa liaison éthylénique est bien celle que l'on retrouve dans le spectre de (VII) à 1616 cm^{-1}; la fréquence du groupement C=O abaissée à 1678 cm^{-1} pour le corps (VIII) se relève à 1714 cm^{-1} dans le spectre de son produit d'hydrogénation partielle (IX), ce qui indique bien une conjugaison des deux doubles liaisons.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la réaction de Pfitzinger dans la série des alcoyl-2 thiényl-cétones.* Note de MM. **Paul Cagniant** et **Antonin Deluzarche**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'un de nous ([1]) a montré récemment que dans toutes les séries d'aryl-alcoyl-cétones étudiées $Ar.CO.(CH_2)_n.CH_3$, la réaction de Pfitzinger (condensation avec l'isatine en milieu alcalin) n'a lieu que si n est inférieur à 3, c'est-à-dire seulement pour $n = 0$, 1 et 2. Pour $n > 2$, on n'avait observé jusqu'à présent aucune trace de produit de condensation. Dans le présent travail, nous avons étendu cette étude aux alcoyl-2 thiényl-cétones (I) de $n = 0$ à $n = 3$ inclus, ainsi qu'à la benzyl-2 thiényl-cétone (II). Toutes ces cétones ont été condensées avec l'isatine et la méthyl-5 isatine

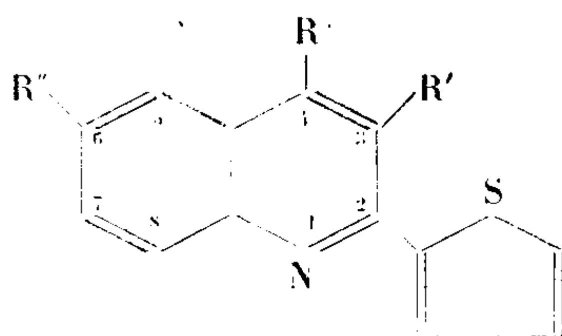


La réaction qui, quel que soit n, n'est jamais complète, a lieu pour $n = 3$. Nous attribuons ce fait à la structure électronique particulière du thiophène prototype des composés appelés *hétérocycles benzoïdes* à cinq chaînons ([2]). D'autre part dans cette réaction, le rendement est meilleur pour $n = 1$ et 3 que pour $n = 2$.

Les acides thiényl-(2'.2) cinchoniniques substitués obtenus (III), (V), (VII), (IX), (XI), (XIII), (XV), (XVII), (XIX) se décarboxylent facilement au-dessus de 300° pour donner les thiényl-(2'.2) quinoléines correspondantes (IV), (VI), (VIII), (X), (XII), (XIV), (XVI), (XVIII), (XX). Les thiényl-quinoléines

([1]) Buu-Hoï et P. Cagniant, *Bull. Soc. Chim.*, [5], **13**, 1946, p. 123.
([2]) Eugen Müller, *Neure Anschauungen der Organischen Chemie*, 1940, p. 176 (Springer, Berlin).

méthylées en 6 fondent, dans tous les cas, beaucoup plus haut que les non méthylées correspondantes; celles dérivées du phénacétyl-2 thiophène (II) cristallisent difficilement, parce qu'il se produit par pyrolyse pendant la décarboxylation et la distillation une certaine quantité de résines.



(III)	R = CO_2H,	R' = H,	R'' = CH_3;	(XII)	R = H,	R' = C_2H_5,	R'' = CH_3;
(IV)	R = H,	R' = H,	R'' = CH_3;	(XIII)	R = CO_2H,	R' = $n\,C_3H_7$,	R'' = H;
(V)	R = CO_2H,	R' = CH_3,	R'' = H;	(XIV)	R = H,	R' = $n\,C_3H_7$,	R'' = H;
(VI)	R = H,	R' = CH_3,	R'' = H;	(XV)	R = CO_2H,	R' = $n\,C_3H_7$,	R'' = CH_3;
(VII)	R = CO_2H,	R' = CH_3,	R'' = CH_3;	(XVI)	R = H,	R' = $n\,C_3H_7$,	R'' = CH_3;
(VIII)	R = H,	R' = CH_3,	R'' = CH_3;	(XVII)	R = CO_2H,	R' = C_6H_5,	R'' = H;
(IX)	R = CO_2H,	R' = C_2H_5,	R'' = H;	(XVIII)	R = H,	R' = C_6H_5,	R'' = H;
(X)	R = H,	R' = C_2H_5,	R'' = H;	(XIX)	R = CO_2H,	R' = C_6H_5,	R'' = CH_3;
(XI)	R = CO_2H,	R' = C_2H_5,	R'' = CH_3;	(XX)	R = H,	R' = C_6H_5,	R'' = CH_3.

Signalons que l'acide thiényl-(2'.2) cinchoninique, préparé pour la première fois par Hartmann et Wybert (3), a été décarboxylé en thiényl-(2'.2) quinoléine par Steinkopf et ses collaborateurs (4).

Partie expérimentale. — A partir de l'acétyl-2 thiophène bien connu, n_D^{18} 1,5652 : acide thiényl-(2'.2) méthyl-6 cinchoninique. (III) $C_{15}H_{11}O_2NS$, poudre faiblement colorée fondant au-dessus de 280° peu nettement en se décarboxylant en thiényl-(2'.2) méthyl-6 quinoléine. (IV) $C_{14}H_{11}NS$, F 120°, cristaux faiblement colorés (alcool), picrate F 208°, cristaux jaunes (benzène). A partir du propionyl-2 thiophène (5), n_D^{18} 1,5538 : acide thiényl-(2'.2) méthyl-3 cinchoninique. (V) $C_{15}H_{11}O_2NS$, F 260-262°, poudre jaune clair se décarboxylant au-dessus de 300° en thiényl-(2'.2) méthyl-3 quinoléine. (VI) $C_{14}H_{11}NS$, F 66°, petits cristaux presque incolores (alcool), picrate, F 165-167°, cristaux jaunes, allongés (alcool); acide thiényl-(2'.2) diméthyl-3.6 cinchoninique. (VII) $C_{16}H_{13}O_2NS$, cristaux jaune clair fondant au-dessus de 275° et se décarboxylant en thiényl-(2'.2) diméthyl-3.6 quinoléine. (VIII) $C_{15}H_{13}NS$, F 107°, petites aiguilles (alcool), picrate, petites plaques jaunes, F 207-208° (alcool).

A partir du butyryl-2 thiophène (6), n_D^{18} 1,5446 : acide thiényl-(2'.2) éthyl-3 cinchoninique. (IX) $C_{16}H_{13}O_2NS$, fondant vers 300° en se décarboxylant en thiényl-(2'.2) éthyl-3 quinoléine. (X) $C_{15}H_{13}NS$, F 63°, fines aiguilles (alcool), picrate, aiguilles jaune d'or, F 149-151° (alcool); acide thiényl-(2'.2) éthyl-3 méthyl-6 cinchoninique. (XI) $C_{17}H_{15}O_2NS$, fondant vers 280°, et se décarboxylant en thiényl-(2'.2) éthyl-3

(3) *Zeits. physiol. Chem.*, **2**, 1919, p. 60.
(4) *Liebig's Annalen*, **540**, 1939, p. 8.
(5) Steinkopf et Schubart, *ibid.*, **424**, 1920, p. 1.
(6) Steinkopf et Schleicher, *Ber. d. chem. Ges.*, **19**, 1886, p. 660.

méthyl-6 quinoléine. (XII) $C_{16}H_{13}NS$, F 96°, petits cristaux très faiblement colorés (alcool), picrate, plaques jaunes, F 210° (alcool).

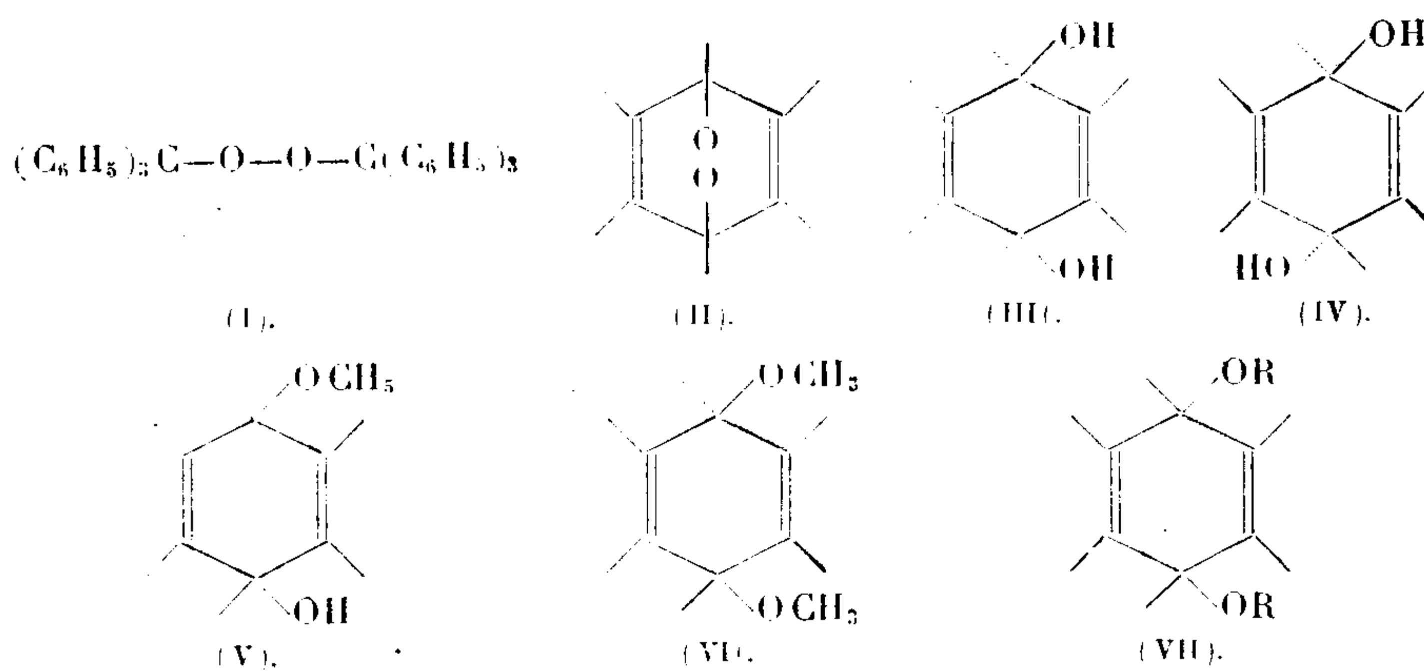
A partir du valéryl-2 thiophène ($I/n = 3$) obtenu par Friedel-Crafts en CS_2 et Cl_3Al comme catalyseur, $É_{25}$ 141°, $É_{19,5}$ 135°, n_D^{18} 1,5373 : acide thiényl-(2'.2) *n*-propyl-3 cinchoninique. (XIII) $C_{17}H_{15}O_2NS$ fond mal en se ramollissant vers 240-245° et se décarboxyle en thiényl-(2'.2) *n*-propyl-3 quinoléine. (XIV) $C_{16}H_{15}NS$, F 59°, fines aiguilles (alcool), picrate, fins cristaux jaunes, allongés (alcool), F 143-145°; acide thiényl-(2'.2) *n*-propyl-3 méthyl-6 cinchoninique. (XV) $C_{18}H_{17}O_2NS$, fondant vers 295° et se décarboxylant en thiényl-(2'.2) *n*-propyl-3 méthyl-6 quinoléine. (XVI) $C_{17}H_{17}NS$, F 80°,5, cristaux allongés (alcool) picrate, F 167-169°, fines aiguilles jaunes (alcool).

A partir du phénacétyl-2 thiophène (II) $É_{11}$ 179°, F 44°,5 : acide thiényl-(2'.2) phényl-3 cinchoninique, (XVII) $C_{20}H_{13}O_2NS$, F 303°, cristaux jaune pâle (ac. acétique crist.) se décarboxyle en thiényl-(2'.2) phényl-3 quinoléine. (XVII) $C_{19}H_{13}NS$, F 84°, belles paillettes incolores (alcool), picrate F 177-178°, petits cristaux jaunes (alcool); acide thiényl-(2'.2) phényl-3 méthyl-6 cinchoninique. (XIX) $C_{21}H_{15}O_2NS$ fondant au-dessus de 300° en se décarboxylant en thiényl-(2'.2) phényl-3 méthyl-6 quinoléine. (XX) $C_{20}H_{15}NS$, F 133-135°, petits cristaux (alcool), picrate, plaques jaunes (alcool), F 188-189°.

Nous continuons nos recherches par l'étude d'autres thiényl-cétones, en particulier les alcoyl-2 thiényl-cétones de $n = 4$ à $n = 8$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quelques mésoéthers des quinols diphénylanthracéniques.* Note de M. **Christian Pinazzi**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'examen des formules montre l'analogie qui existe entre les structures du tritane et du diphényl-9.10 dihydro-9.10 anthracène. Cette similitude a amené Ch. Dufraisse ([1]) à prévoir l'existence d'un endoperoxyde diphénylanthracénique, comparable, par certains aspects, au peroxyde de trityle (I) bien connu. La ressemblance entre les deux séries est toutefois loin d'être absolue, comme le prouve l'étude des dérivés oxhydrylés. La question a déjà été



(I). (II). (III). (IV).
(V). (VI). (VII).

soulevée, également par Ch. Dufraisse ([2]) qui a mis en évidence la diastéréo-

([1]) Ch. Dufraisse et A. Étienne, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 280-282.

([2]) Ch. Dufraisse et J. Le Bras, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 1037; et divers

isomérie des quinols, isomérie qui ne peut manifestement pas exister chez les tritanols. Les deux formes *cis* (III) et *trans* (IV) ont été isolées à plusieurs reprises ([2]).

Tandis que la question des dérivés du tritanol était largement développée, celle des dérivés des quinols n'était pratiquement pas abordée. En ce qui concerne les éthers-oxydes, deux seulement étaient connus : le mono et le diéther méthylique (V) et (VI).

Le monoéther (V) avait été préparé par Haller ([3]) à partir de la phényl-9 méthoxy-9 anthrone et le diéther (VI) par Schlenk ([4]) à partir du monoéther (V). Ainsi aucun de ces deux corps n'était préparé par éthérification directe des quinols. Il était donc nécessaire de prouver que ceux-ci pouvaient donner directement des éthers-oxydes, et, dans l'affirmative, de rechercher si cette propriété était générale.

La question était d'autant plus digne d'intérêt que W. E. Bachmann ([5]) semblait s'être heurté à des difficultés dans le cas, assez particulier, il est vrai, des quinols dialcoylbenzanthracéniques. L'éthérification ne se faisant pas avec les alcools autres que le méthanol et l'éthanol.

J'ai constaté que les diéthers-oxydes du type (VII) se forment à partir des quinols simples (III) et (IV) par action d'un large excès d'alcool, en présence d'une faible quantité d'acide fort comme catalyseur (acide sulfurique à raison de 1 %). La réaction a lieu en une heure et demie environ, par chauffage vers 70-100°. Dans ce cas, il est impossible d'éviter la formation d'un peu de diphénylanthracène et de quelques résines. Il est généralement préférable d'opérer à froid. La réaction est alors plus lente mais le produit obtenu est plus pur, ce qui simplifie les traitements. Les rendements sont de l'ordre de 80 %. Les alcools suivants ont donné les diéthers attendus : méthanol, éthanol, propanol-1, *n*-butanol-1, *n*-pentanol-1, alcools benzylique et phényléthylique comme alcools primaires; le propanol-2 comme alcool secondaire; le triméthylcarbinol comme alcool tertiaire, et enfin le phénol. Le glycol n'a réagi que par une de ses fonctions. La réaction est plus difficile sur un alcool secondaire que sur un alcool primaire. La difficulté augmente beaucoup avec l'alcool tertiaire dont l'hydrogène fonctionnel est moins mobile; après plusieurs jours, il reste encore du quinol inattaqué. Avec le phénol, au contraire, la réaction est assez énergique; à tel point que si l'on ne prend pas de précautions spéciales, on obtient en peu de temps un mélange intensément coloré, formé de résines et de diphénylanthracène.

---

autres couples de quinols stéréoisomères décrits ultérieurement par Ch. Dufraisse et ses collaborateurs.

([3]) A. Haller et A. Guyot, *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, **17**, 1897, p. 877.

([4]) W. Schlenk et E. Bergmann, *Lieb. Ann.*, **463**, 1928, p. 151.

([5]) W. E. Bachmann et J. M. Chemerda, *Am. Soc.*, 1939, p. 2358.

Le quinol *cis* (F 185°) réagit notablement plus vite que le quinol *trans* (F 263°), sans doute parce qu'il est plus soluble. Enfin, il semble que les dérivées *méso-alcoxylés* soient presque aussi réactifs que les dérivés mésooxhydrylés. Ainsi le monoéther méthylique du quinol traité par l'éthanol en vue d'obtenir le diéther mixte, méthylique et éthylique, donne seulement le diéther éthylique.

Diéthers obtenus à partir des quinols. — Diéther méthylique : diméthoxy-9.10 dihydro-9.10 diphényl-9.10 anthracène, $C_{28}H_{24}O_2$, fusion instantanée 307°, se volatilise dès 270°; diéther éthylique, $C_{30}H_{28}O_2$, F. inst. 285°; diéther *n*-propylique $C_{32}H_{32}O_2$, F. inst. 266°; diéther *n*-butylique, $C_{34}H_{36}O_2$, F. inst, 219°; diéther *n*-amylique (primaire), $C_{36}H_{40}O_2$, F. inst. 203°; diéther benzylique, $C_{40}H_{32}O_2$, F. inst. 293°; diéther phényléthylique (primaire), $C_{42}H_{36}O_2$, cas de dimorphisme, F. inst. 213° et 223°; diéther glycolique, $C_{30}H_{28}O_4$, F. inst. 274°; diéther isopropylique, $C_{32}H_{32}O_2$, F. inst. 271°; diéther tertiobutylique, $C_{34}H_{36}O_2$, F. inst. 197°; diéther phénolique, $C_{38}H_{28}O_2$, F. inst. 264° avec décomposition.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Nouvelle méthode pour déterminer au moyen des rayons X l'orientation cristallographique d'une section plane de monocristal épais.* Note de M. **René Graf**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'orientation cristallographique d'une section plane de monocristal épais est généralement déterminée par diffraction de rayons X suivant la méthode de Laue dite « en retour ». Les méthodes optiques ne sont efficaces que sur des sections particulières de cristaux non cubiques; leur application a souvent un caractère incomplet, la symétrie des propriétés optiques dépassant celles du réseau.

Mais la méthode « en retour » utilise uniquement des angles de diffraction θ élevés ($\theta > 45°$), d'où pouvoir réflecteur réduit, grande sensibilité aux imperfections de structure, et voile d'intensité croissante avec θ. De plus, les longueurs d'onde diffractées sont grandes, donc fortement absorbées par les fenêtres des tubes scellés courants.

Notre méthode permet d'utiliser des angles de diffraction beaucoup plus faibles. Elle réduit ainsi les temps de pose et augmente la netteté des taches.

L'appareil est une chambre ordinaire cylindrique, munie d'un porte-échantillon présentant une face d'appui plane contenant l'axe du film; le plan d'appui, mobile autour de cet axe, peut être fixé et son orientation repérée sur une graduation.

La méthode consiste à réaliser un *diagramme en rayonnement polychromatique* sous incidence oblique. Nous avons essayé différentes valeurs de l'angle d'incidence i (angle des rayons incidents avec la normale à la section). Pour des valeurs trop faibles ($i < 45°$), le nombre de taches est insuffisant; pour des valeurs trop élevées ($i > 75°$), l'excentricité de l'ellipse d'impact des rayons X sur l'échantillon est trop forte, et les taches deviennent très rapidement très allongées lorsque θ dépasse 30°. L'angle d'incidence optimum est voisin de 60°.

Le dépouillement des clichés se fait avantageusement par la *projection stéréographique*. L'espace est orienté par un trièdre trirectangle $Oxyz$ dont le sommet est le centre de l'ellipse d'impact; Ox est dirigé suivant l'axe du faisceau incident, Oz suivant l'axe de la chambre. Tout point est repéré en direction par ses coordonnées sphériques : longitude φ et latitude ψ, définies par rapport à ce trièdre,

1° *Détermination des coordonnées sphériques des taches de Laue.* — On trace les axes OX et OY du film développé, intersections respectives de celui-ci avec les plans xOy et zOx. On mesure les coordonnées cartésiennes X et Y de chaque tache de Laue, et l'on en déduit les coordonnées sphériques par les formules $\varphi = 180^{\circ}/\pi . X/R$ et $\psi = \text{Arctg}\, Y/R$, où R est le rayon de la chambre. En pratique, on abrège considérablement cette opération en traçant sur transparent un *canevas* permettant la lecture directe de φ et ψ.

2° *Représentation stéréographique des taches de Laue.* — Connaissant leurs coordonnées sphériques, on représente ces taches sur un calque au moyen d'un canevas stéréographique, en prenant pour ligne polaire l'axe Ox.

3° *Représentation stéréographique du cristal.* — On substitue à l'image de chaque tache de Laue celle de la normale au plan réticulaire correspondant, en remarquant que pour une tache t cette normale est située dans le plan xOt et perpendiculaire à la bissectrice de l'angle xOt.

4° *Détermination de l'orientation.* — La figure obtenue peut être interprétée telle quelle, en représentant la normale à la section étudiée et en l'orientant par rapport à trois rangées du monocristal.

En faisant subir à l'ensemble des points précédents une rotation d'angle i autour de Oz, on peut aussi amener la section étudiée en position polaire, ce qui facilite en général l'interprétation.

Il est aisé d'accroître le nombre des taches importantes en enregistrant successivement sur un même film les diagrammes issus de deux positions symétriques de la section étudiée par rapport au plan zOx. La rotation ci-dessus est alors effectuée pour chacun d'eux. Les taches correspondant à un même plan réticulaire doivent coïncider et les écarts observés peuvent mettre en évidence une erreur systématique en permettant une correction.

Exemples. — La méthode a été appliquée d'abord à des faces naturelles de minéraux cubiques : (102) de pyrite, (100) et (111) de fluorine, (100) de sel gemme, (101) de blende. Les erreurs extrêmes observées sont inférieures à 2°.

Avec un monocristal d'aluminium qui ne donnait un diagramme « en retour » exploitable qu'après deux heures de pose, on a obtenu un diagramme double correct en une demi-heure, toutes autres conditions restant les mêmes.

Un monocristal imparfait de cuivre a donné des diagrammes alors que la méthode « en retour » restait inefficace.

Conclusion. — La méthode décrite permet d'orienter des sections planes de

monocristaux épais avec une précision comparable à celle de la méthode Laue directe. Elle fournit les diagrammes plus rapidement que la méthode « en retour », et s'applique même à des cristaux imparfaits.

MINÉRALOGIE. — *Sur la présence de disthène dans une pegmatite à la frontière Algéro-Soudanaise.* Note de M. **Roman Karpoff.**

A la frontière de l'Algérie et du Soudan, toute la région à l'Ouest de Tin Zaouatène est caractérisée par une grande abondance de muscovite entrant dans la composition de micaschistes à amphibole et grenat, de gneiss à deux micas et de leptynolites.

Sur le versant oriental de la chaîne de conglomérats métamorphiques de Tin Zaouatène, à près de 7^{km}, à l'ouest du poste de ce nom, l'oued coupe une zone assez particulière. Ici, dans une bande étroite de quelques centaines de mètres d'un micaschiste très feuilleté, apparaît du disthène en cristaux prismatiques incolores, gris ou noirs, de section pratiquement carrée. Ces cristaux fort disséminés ne se touchent que très rarement; ils ont une dimension assez constante de l'ordre de $3\text{-}4^{cm}$ de long. La destruction de la pâte micacée englobante donne un reg jonché de cristaux gris ou noirs à faces corrodées. L'affleurement étant assez réduit, ce reg à disthène couvre une surface minime, allongée N. N. E suivant la direction des plis.

Le pays de Tin Zaouatène est un de ceux où abondent les pegmatites; elles arrivent à être très épaisses. La composition normale la plus complète d'une pegmatite est quartz, feldspath, muscovite, grenat, tourmaline; l'influence des parois se fait nettement sentir par la grande quantité de muscovite.

Une pegmatite coupe justement la bande de micaschiste à disthène, parallèlement à la schistosité. Les phénomènes qui en résultent sont très simples; dans cette pegmatite, tous les éléments de la roche encaissante apparaissent en cristaux beaucoup plus grands. Dans une masse de quartz épaisse de 2 à 3^{m} formant le filon, on trouve de la chlorite, de grosses lames de muscovite et aussi, de temps en temps, des poches de disthène. Ce qui étonne tout de suite, c'est la grande dimension des cristaux de disthène, certains d'entre eux atteignant 40^{cm} de long et $0^{cm},5$ de large. Dus à un accolement de lames par les faces (100), accompagnés notamment de la macle $(\bar{3}08)$ ou $a^{8/3}$ décrite par von Rath et A. Lacroix [1] dans du disthène déformé, les cristaux sont légèrement dissymétriques et sont incolores ou verdâtres sur les bords, tandis que leur centre est souvent d'un bleu très profond. Malgré une certaine tendance à rester parallèles entre eux et parallèles aux parois, des cristaux d'une direction absolument quelconque ne sont pas rares.

---

[1] *Minéralogie de la France et de ses Colonies*, **1**, Paris, 1893-1895, p. 66.

Dans la région de Tin Zaouatène, le disthène apparaît donc quelquefois comme constituant de pegmatite. Le minéral semble s'être formé par un lessivage de paroi *contenant déjà du disthène*, par des solutions pegmatitiques : un déplacement et une reconcentration moléculaires ont été les principaux phénomènes mis en jeu. Le disthène dans ce cas *n'est donc pas d'origine profonde*.

De plus, des cas un peu analogues de disthène inclus dans des pegmatites ou dans des filons ont été décrits en France ([1]), en Suisse, en Amérique du Nord ([2]), aux Indes ([3]) et au Congo Belge ([4]).

Aussi, le disthène ne peut être rangé d'une façon trop catégorique dans la grande classe des « stress minerals »; le cas envisagé ci-dessus en est une des plus claires démonstrations.

MINÉRALOGIE. — *Observations sur les effets du déséquilibre cristallogénétique*. Note de M. **Georges Deicha**, présentée par M. Léon Bertrand.

Toute cristallisation se réalise à la faveur d'un déséquilibre (surfusion, sursaturation de solution, sursaturation de vapeur, etc.). De nombreuses observations géologiques et minéralogiques, ainsi que des expériences, m'ont permis de constater que ce déséquilibre, selon qu'il est plus ou moins poussé, est le facteur essentiel de la variété et de la complexité de la cristallisation ([1]).

Comme premier exemple, je choisirai l'*épitaxie*, c'est-à-dire le dépôt orienté d'une espèce cristalline sur un support cristallin constitué par une espèce différente. Un tel dépôt suppose une certaine approximation dans la cristallisation, qui nécessite un certain déséquilibre par rapport aux conditions de développement d'un cristal ordinaire de même espèce que le dépôt. Lorsque la correspondance entre support et espèce cristalline déposée est très étroite, ce déséquilibre peut être suffisamment faible pour être réalisé à l'insu de l'expérimentateur. Il n'en est plus de même dans les cas cristallographiquement moins favorables : c'est ainsi que je n'ai pu réaliser l'épitaxie du chlorure de sodium sur des lamelles de clivage de mica que grâce à une sursaturation poussée. Cette épitaxie, tentée sans succès par différents auteurs, présente des modes et types différents ([2]).

L'application de la sursaturation à l'épitaxie du chlorure de potassium sur

---

([2]) J.-L. Stuckey, *Ec. Geol.*, 27, VII, 1932 ; 30, IV, 1935 ; Jonas and Watkins, *Va. Geol. Survey, Bull.*, 38, 1932 ; J.-A. Dunn, *Ec. Géol.*, 28, VII, 1933.

([3]) J.-A. Dunn, *Geol. Surv. India, Mem.*, 52, 1929.

([4]) H. Buttgenbach, *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 48, 1925 ; I. de Magnée, *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 64, 1941.

([1]) *Bull. Soc. fr. Minéralogie*, 1945, 2e semestre (sous presse).

([2]) G. Deicha, *Épitaxie et déséquilibre cristallogénétique* (Communications Soc. fr. de Minéralogie, 14 novembre 1946 et 12 décembre 1946).

des micas m'a montré qu'il était ainsi possible d'obtenir des précisions nouvelles, même dans un cas aussi classique et qui avait été minutieusement analysé, du point de vue cristallographique, par M. L. Royer dans sa Thèse. Du point de vue cristallogénétique, j'ai pu constater que, des deux types d'épitaxie suivant les faces de l'octaèdre décrits jusqu'ici, le premier pouvait être obtenu à la faveur d'un déséquilibre moins poussé que le second.

La même série d'expériences m'a montré qu'il est possible de réaliser un mode nouveau de cette épitaxie, suivant les faces du cube, et de distinguer deux types d'orientation : dans le premier, les diagonales de la face du cube ont respectivement même direction que les rangées [100] et [010] du mica; dans le second, ce sont les côtés de la face du cube qui présentent ces directions. Du fait de la symétrie de la face de clivage du mica ([2]), chaque type est triple.

Le déséquilibre cristallogénétique intervient aussi dans les phénomènes de syncristallisation, ainsi que dans les autres faits de cristallisation apparentés à l'épitaxie. Son rôle est tout particulièrement net dans la formation de macles et groupements. C'est ainsi que j'ai pu déterminer la formation des macles du gypse, macle suivant h^1, puis suivant $a^{1/2}$ à la faveur d'une sursaturation plus poussée, enfin formation de sphérolites. Une série analogue de macles et groupements peut être obtenue par cristallisation de différentes substances, le terme ultime étant la formation de sphérolites. Ceux-ci peuvent être obtenus tant par sursaturation (carbonate de chaux) que par surfusion (soufre). La nature fournit de nombreux exemples de tels aspects, qui témoignent de l'importance des déséquilibres cristallogénétiques dans ses trois règnes.

On a souvent étudié l'effet de la sursaturation des solutions et de la surfusion sur les vitesses de croissance des différentes formes cristallines. J'ai pu montrer expérimentalement que beaucoup de faciès cristallographiques naturels particulièrement caractéristiques, tels que le gypse lenticulaire et les trémies de sel marin, étaient des faciès de déséquilibre, au même titre que les étoiles de neige et les fleurs de glace ([3]). Une même interprétation peut être proposée pour la plupart des phénomènes qui enrichissent et compliquent la cristallisation dans ses formes, combinaisons, macles, groupements, accolements etc.

La tendance des particules matérielles (atomes, ions, molécules etc.) à rester libres diminuant avec le déséquilibre cristallogénétique, ces particules peuvent se fixer en des emplacements et positions d'autant plus nombreux, variés et approximatifs que celui-ci est plus poussé.

([3]) *C. R. somm. Soc. géol. de France*, 17 juin 1946, p. 229.

PÉTROGRAPHIE. — *Action de la pression sur la vitesse de diffusion dans la pétrogenèse profonde.* Note ([1]) de M. **Louis Glangeaud**, présentée par M. Charles Maurain.

Les diagrammes de cristallisation des silicates fondus, établis sous la pression atmosphérique, permettent de suivre la formation des roches éruptives et métamorphiques, jusqu'à 8^{km} de profondeur. Il n'en est plus de même à une profondeur plus grande et pour les phénomènes lents et intéressant de gros volumes, comme le métamorphisme général, la différenciation régionale des magmas et la granitisation. Les concepts d'états solide et liquide, connus d'aprés les conditions de la surface du globe, apparaissent alors insuffisants ([1]). Pour se dégager de ces notions empreintes d'anthropocentrisme, il faut utiliser des facteurs bien définis comme les vitesses de diffusion.

A l'échelle géologique, les échanges complexes qui se produisent, d'un point à l'autre d'une masse rocheuse, se traduisent statistiquement par des vitesses moyennes de diffusion, différentes pour chacun des éléments migrateurs. Les données de Bowen fournissent les vitesses maxima, observables sous la pression atmosphérique.

Pour un bain de silicates fondus à 900°, pour lesquels la vitesse de diffusion est $D_0 = 2,9\ 10^{-6}$ cm/sec, on obtient, en appliquant les formules de Bowen, de Doetscher et de Groot, les résultats suivants : il faut quelques minutes pour établir l'équilibre des constituants sous l'action d'un gradient de température de 100° portant sur 1^{mm} et 107 années pour 1^{km}. Si le milieu était dans l'état cristallin et à une température de 600° 25^{km}, il faudrait des temps de l'ordre de 10^{10} années pour 1^{km}. Avec les formules de Jander, les chiffres obtenus sont du même ordre de grandeur. *Même pour un état liquide*, les vitesses de diffusion mesurées expérimentalement, sous *pression atmosphérique*, sont trop faibles pour expliquer les échanges à grande distance.

Des facteurs, non prévus dans les expériences de Bowen, doivent donc intervenir pour accélérer les diffusions à l'échelle géologique. Les théories modernes montrent que les états de désordre atomique augmentent la mobilité des éléments. L'accroissement de la diffusion est ainsi facilité par la présence de certains éléments chimiques (fondants ou minéralisateurs), ou provoqué par des facteurs mécaniques (stress et shearing stress) et thermodynamiques (pression et température). Parmi ces facteurs, on avait négligé le rôle de la pression, malgré les beaux travaux expérimentaux de Spring, Carey-Lea, Tammann, Hedwall, Sander, Goranson, Bridgmann, Michel-Lévy et Wyart.

([1]) Séance du 9 décembre 1946.

([2]) L. Glangeaud, *Experientia*, Bâle, 2, 1946, p. 52, *fig.* 27.

Une augmentation de pression peut agir efficacement par l'intermédiaire des transformations polymorphiques de Bridgmann et l'anamigmatisme de Mérigoux ([3]). En effet, si la pression augmente graduellement, il se produit, pour une température déterminée, des transformations polymorphiques brusques. Des transformations de ce genre peuvent être aussi provoquées par une variation de température.

Or, les travaux modernes ([4]) ont montré qu'au moment où les réseaux modifient ainsi leur structure, il apparaît un état de désordre qui donne, au milieu, un grand pouvoir de réaction et de diffusion. Ces états de désordre d'un corps solide correspondent à ce que j'ai nommé l'*état oligophasé* ([5]). Au cours des expériences où les conditions de température varient assez rapidement, les états oligophasés sont fugaces. Ils peuvent, au contraire, être prolongés dans les conditions géologiques où les variations sont beaucoup plus lentes.

Dans le cas où deux corps AB sont au contact l'un de l'autre, l'augmentation de la pression provoque un affaiblissement, puis un renversement des champs interfaciaux $\overline{AB}$. Ce phénomène décrit par Mérigoux et nommé par lui ***anamigmatisme***, s'accompagne d'une augmentation considérable de la diffusion du corps A dans le corps B. Les zones de désordre, qui apparaissent alors à la limite des cristaux, correspondraient aux *films intergranulaires* de Wegmann. L'apparition de ces *états dynamorphes* dans une roche accroît dans de fortes proportions les vitesses de diffusion, sans que la rigidité du milieu en soit diminuée.

Les phénomènes que nous venons de décrire ont été observés ou prévus dans le cas de pression hydrostatique (confining pressure). S'il apparaît des différences entre les pressions principales (stress), les états de désordre sont encore accentués par la déformation des réseaux cristallins.

A mesure que la profondeur s'accroît, on voit apparaître successivement les phénomènes de métamorphisme général, puis de migmatisme et enfin de granitisation (Sederholm, Batklund). Ces différents étages de transformation sont dus à l'augmentation du nombre des espèces cristallines remises en mouvement. A partir d'une profondeur de l'ordre de 15^{km} ($4.10^3 kg/cm^2$), les vitesses de diffusion paraissent assez élevées pour que le milieu présente des échanges importants à grande distance. Dans cette région où se forme le *migma* des auteurs scandinaves, se produiront alors les phénomènes de granitisation et de différenciation qui sont à l'origine des provinces pétrographiques et des grandes évolutions magmatiques régionales.

([3]) *A. F. A. S.*, Nice, septembre, 1946; *Experientia*, Bâle, 2, décembre 1946; *Comptes rendus*, **223**, 1946.

([4]) J. A. Hedwall et G. Schiller, *Z. anorg. allg. Chem.*, **221**, 1934 pp. 97-102; Jynder, *Z. anorg. allg. Chem.*, **49**, 1936, pp. 879-882.

([5]) *C. R. Soc. Géol. Fr.*, 15, 1945, p. 216.

GÉOLOGIE. — *Les particularités structurales du massif des Écrins-Pelvoux.* Note de M. **Pierre Bellair**, présentée par M. Léon Bertrand.

On sait que le groupe des massifs centraux dauphinois se termine au Sud par une aire sensiblement circulaire sur le plan de la carte, à laquelle l'usage a improprement attribué le nom de *Pelvoux.* Cet ensemble est, en réalité, complexe et formé de l'accolement de plusieurs unités structurales élémentaires : le *Rochail,* prolongation des Grandes Rousses; *Chaillol,* terminaison de la branche interne de Belledonne; le *Combeynot*; et enfin une masse plus volumineuse que j'appellerai le *Haut Massif,* car il comporte *tous* les sommets dépassant 3500 mètres.

La première particularité de cet ensemble est sa forme : alors que tous les massifs centraux, depuis ceux de Suisse jusqu'à celui de Belledonne en passant par les massifs savoyards, sont des amandes allongées SW-NE, le Haut Massif est *globuleux*; les unités adjacentes l'entourent comme les écailles d'un oignon. L'ensemble, débordé largement au Sud par les nappes de l'Embrunais, fait saillie dans l'édifice pennin.

La bordure occidentale du Haut Massif présente un caractère à peu près unique dans les massifs centraux : le *Synclinal complexe de Vénosc* apparaît, en effet, à l'analyse structurale comme *un fossé tectonique,* occupé par les sédiments secondaires ayant joué un rôle de joint d'écrasement, non comme une zone de racines de plis ou de nappes couchés vers l'Ouest. En d'autres termes, il n'y a pas d'« Helvétides » correspondant au *bord occidental* du Haut Massif, il n'y en a jamais eu. La genèse de cet accident doit être liée à une phase de distension ayant provoqué une cassure béante, dont l'aspect arqué actuel est probablement secondaire, sans qu'il soit possible de l'affirmer absolument.

Le *Haut Massif* est disloqué par des *jeux de failles* dont les principales sont dirigées N-S ou NW-SE et W-E. Ces dernières s'alignent dans le sens des poussées alpines : elles ont dirigé le tracé des principales vallées : Romanche, moyen Vénéon, Valgaudemar, vallon des Bans, etc. L'existence de ces cassures, déjà soupçonnées par Ch. Lory et réaffirmées par A. Allix, ne semble guère avoir frappé les géologues. De nombreux indices montrent que ces accidents sont *plutôt des décrochements* longitudinaux, des failles cisaillantes, que des cassures à rejets verticaux. A l'idée d'une tectonique de banquise, suggérée par A. Allix [1], il convient donc de substituer, au moins partiellement, un jeu de compressions différentielles, en somme une tectonique de tiroirs inégalement tirés. Cette tectonique, bien qu'existante vers le Nord à la cassure de la Romanche (mais cette dernière présente des lèvres décalées verticalement, comme en témoigne la différence d'altitude de la pénéplaine prétriasique aux plateaux du Mont de Lans et d'En Paris, de part et d'autre de la vallée), est surtout développée au Sud avec la *grande dislocation*

---

[1] *Un pays de haute montagne : l'Oisans* (*Thèse,* Grenoble, 1929).

Valgaudemar-Vallouise et les accidents de *Morges*, entre Chaillol et le Haut Massif.

Point n'est besoin de faire appel à l'hypothèse de poussées pyrénéo-provençales pour expliquer ces directions W-E, et si ces accidents s'amplifient du Nord au Sud, si, de plus, la tendance au chevauchement des bords sud sur les bords nord est plus fréquente que l'inverse, il faut y voir une conséquence de la remontée isostatique au Crétacé-Eocène du sud du massif sous l'effet de la disparition de la couverture mésozoïque, restée en revanche intacte sur le bord nord. Le flysch est directement transgressif sur le cristallin au sud-est du massif; l'érosion était donc complète à l'Eocène et probablement dès le Crétacé. A la notion de pénéplaine prétriasique, surface majeure de décollement mise en évidence par A. Allix au NW, il faut donc superposer ou substituer vers l'est celle de surface antépriabonienne. On ne peut assurer que cette dernière soit toujours confondue avec la précédente, et moins encore qu'il s'agit d'une surface pénéplanée; les éléments qu'on en voit sont toujours de petites dimensions, et il paraît difficile de préjuger de leurs inclinaisons discordantes pour reconstituer avec J. Chardonnet ([1]) la marquetterie de blocs disjoints dont l'existence paraît pourtant probable. De toute évidence, cette surface n'a pas joué un rôle tectonique comparable à celui de son homologue; tout juste a-t-elle pu faciliter le départ de la nappe du flysch, et encore n'est-ce pas certain.

Sur la bordure est, les faits sont très différents et l'on observe un chevauchement très net du Combeynot sur le Haut Massif par-dessus le synclinal de l'Alpe du Villar d'Arène. De même, au N-W (Lauze, Jandri), les chevauchements vers l'Ouest sont indubitables. Le fossé de Venosc reste donc une singularité et les cassures N-S sont, en moyenne, des accidents chevauchants.

En définitive, la tectonique du Haut Massif est loin d'être simple : des types d'accidents très divers s'y superposent, qui ne sont pas contemporains ; les uns sont liés à des phases de compression, d'autres à des périodes de distension qu'il n'est malheureusement pas possible de dater. Au plus peut-on noter que les phases distensives ont été multiples : l'une antérieure à la compression ayant écrasé le fossé de Venosc, l'autre ayant libéré les blocs cisaillés et ayant permis le jeu de failles verticales. Sans doute faut-il synchroniser certaines avec les mouvements antésénoniens (le flysch ne semble pas pincé dans ces dislocations comme le sont le Trias et le Lias, bien qu'exceptionnellement il ait été dénivelé par des répliques tardives). Ainsi, la totalité des accidents du Haut Massif paraît pouvoir s'intégrer parfaitement dans le seul système de poussées et de relâchements alternatifs dirigés d'Est en Ouest, dont la réalité et le rôle dans l'édification de l'arc alpin n'ont plus à être démontrés.

([1]) *Ann. Géographie*, 51, 1942, pp. 264-83.

GÉOLOGIE. — *La transgression sénonienne dans la région de Bône* (*Algérie*). Note de MM. **Pierre Marie** et **Alexis Lambert**, présentée par M. Charles Jacob.

Sur le revers sud du massif paléozoïque de l'Edough, une puissante série à faciès flysch se superpose aux assises métamorphiques qui forment l'ossature de ce relief côtier. Il était admis, à la suite des travaux de L. Joleaud, que ce flysch était d'âge oligocène ([1]).

Or, au voisinage de la zone minéralisée d'Aïne Barbar, au point de coordonnées Lambert $x = 930,8$, $y = 420,2$, un niveau finement détritique, compris dans des schistes argileux noirs, nous a fourni : *Rosalinella Linnei* J. de Lapp, *Rosalinella Stuarti* J. de Lapp, *Bolivina* com., *Bulimina* com., *Hagenowella* cf. *elevata* d'Orb., *Frondicularia* sp. Il s'agit vraisemblablement du Campanien supérieur.

Le faciès est celui d'une marne calcaire, sablo-glauconieuse, à grains de quartz parfois assez nombreux. Les Foraminifères sont souvent localisés dans des lits. Leurs coquilles sont vides ou soulignées par de faibles recristallisations.

Ce Campanien est constitué par une puissante assise de schistes argileux noirs admettant de fines intercalations de grès quartziteux. Il offre dans sa partie terminale des grès quartziteux en bancs puissants qui forment les parties culminantes du relief.

La faune signalée provient des termes de passage entre le flysch argileux et le flysch gréseux. Ce Sénonien est directement transgressif sur le massif métamorphique.

Dans une précédente Note ([2]), nous avions indiqué que la transgression campanienne avait probablement débordé largement sur les massifs anciens littoraux de la région de Bône.

Cette hypothèse se trouve ainsi confirmée. Le rivage de la mer sénonienne se situerait, vers le Nord, bien au delà de la côte actuelle.

GÉOLOGIE. — *Présence de Lutétien dans la presqu'île de Quiberon* (*Morbihan*). Note de Mlle **Suzanne Durand**, présentée par M. Charles Jacob.

Les recherches entreprises pour améliorer le service des eaux de la ville de Quiberon ont conduit à la découverte dans la presqu'île, qu'on pouvait croire entièrement granulitique, d'un petit bassin tertiaire au lieu dit *Le Parco*, à $2^{km},100$ au nord de la ville.

([1]) *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, (2), 4, 1936.
([2]) *C. R. Soc. Géol. Fr.*, n° 10, 1946, p. 176.

La forme topographique est celle d'un amphithéâtre allongé, ouvert vers la mer à l'Est, se raccordant au Nord, à l'Ouest et au Sud au plateau limité par la courbe d'altitude 10^m. Cette dépression mesure 600^m du Nord au Sud et 1600^m de l'Est à l'Ouest. Elle est imparfaitement drainée par un ruisseau qui se perd à l'Est dans des marécages et dont le thalweg est à 3^m,50 au-dessus du niveau moyen de la mer. La granulite a été trouvée à la profondeur maximum de 11^m,50; elle dessine une cuvette dont les bords se relèvent rapidement.

Dans la zone Nord du bassin, tous les forages ont montré, sous 2^m de tourbe, 1^m,50 de sable argileux gris avec graviers et galets de quartz roulés, puis des sables très fins, formés de grains de quartz limpides et anguleux, tous classés entre 0,250 et 0^{mm},065, et de glauconie très abondante donnant au sable une coloration verte, parfois foncée. L'un des forages révèle, entre les sables graveleux superficiels et les sables verts, un sable calcaire très fin (même granulométrie du quartz que les sables verts), légèrement glauconieux. La calcite forme la majeure partie du sédiment (80 %) sous forme de grains inférieurs à 0^{mm},1. Ce sable renferme *Nummulites Lucasi* Defr., *N. globulus* Leym., *Assilina granulosa* Leym., et des débris de piquants d'Oursins.

Vers le centre de la cuvette, les forages ont donné la coupe suivante : 2^m,20 de tourbe; 1^m,50 de sable graveleux gris; 1^m,20 de sables calcaires identiques à ceux du forage cité ci-dessus; 3^m,80 de sable, associés à des plaquettes plus ou moins étendues de calcaires (20 % de résidu insoluble dans HCl), renfermant quelques *N. globulus* et de nombreuses *N. Brongniarti* d'Arch. et Haime; 1^m,50 de calcaire plus compact dans lequel les fossiles sont à l'état de moules; 0^m,50 de sable vert glauconieux renfermant de très abondantes *N. globulus* et *A. granulosa*, dans lequel la calcite en grains très fins est plus abondante que le quartz; enfin 0^m,50 de sables très glauconieux, ne renfermant ni fossiles, ni calcite et reposant sur la granulite.

Enfin un puits ouvert au sud-ouest des précédents montre sous 1^m,80 de tourbe un faciès à Oursins, constitué par des sables et rognons calcaires, passant vers 5^m de profondeur à des blocs très volumineux. Ces calcaires sont entièrement cristallisés et le quartz n'y figure que pour 0,3 % de la masse.

L'étude des minéraux lourds donne des résultats identiques pour tous les faciès calcaires : la staurotide domine; la tourmaline est très abondante; on trouve ensuite, avec importance décroissante, le zircon, l'andalousite, la fibrolite, la topaze, le disthène. Dans les sables verts profonds, la tournaline domine; le zircon est abondant; la staurotide l'est moins que dans les calcaires et l'on remarque l'importance du groupe : anatase, brookite, rutile.

L'étude de la faune montre que nous sommes en présence d'un dépôt lutétien, appartenant à un niveau inférieur de l'étage car, d'après M. Abrard, les *N. Brongniarti* sont des formes ancestrales et les autres espèces sont souvent plus anciennes. Ces dépôts ont remblayé une topographie ancienne (1); on les retrouve dans un autre petit golfe au Nord-Ouest de Saint-Pierre-Quiberon. On avait trouvé sur la côte, entre Étel et Gavre, des blocs de calcaire lutétien rejetés par la mer. La formation du Parco, qui est bien en place, est un nouveau

(1) Y. Milon, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 889.

jalon du tracé de la mer lutétienne entre les golfes de la Basse-Loire et les gisements sous-marins de la Manche ([2]).

Les sables gris superficiels sont vraisemblablement pliocènes; en dehors des sondages on les voit affleurer dans d'anciennes carrières sur les bords nord et sud de la dépression et ils correspondent sans doute à l'indication a^{1a} de la carte géologique au 1/80000 (feuille de Quiberon). Ils représentent un matériel nouveau par rapport au Lutétien, ainsi qu'en témoignent les éléments plus grossiers et les minéraux lourds, tels que glaucophane, épidote et chloritoïdes.

GÉOLOGIE. — *Discordance de la série antécambrienne du Simandou sur les gneiss de Guinée (Afrique occidentale française).* Note de MM. **Alphonse Obermuller** et **Maurice Roques**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans la partie orientale de la Guinée, il existe d'importantes chaînes de quartzites, au milieu des formations granitiques ou gneissiques du socle antécambrien. Les principales sont les chaînes du Simandou et du G'Bing, au Nord, avec une direction NS, et la chaîne du Nimba au Sud, avec une direction NE. Elles sont constituées par des quartzites à magnétite et oligiste, associés à des quartzites à muscovite, à des micaschistes à biotite, et à des amphibolites. Nous désignerons cette série sous le nom de *série du Simandou.*

Ces chaînes sont parfois engagées dans des massifs de granite. C'est en partie le cas de la chaîne du Nimba, ou encore, celui de la chaîne du Simandou à son extrémité Nord. La série paraît alors flotter dans les granites, qui sont plus récents, mais qui n'ont que très localement pénétré dans les quartzites.

Tout autres sont les relations de la série du Simandou, et des massifs de gneiss qui ont pu être définis au sein des granites de Guinée ([1]). Ces *massifs de gneiss* sont constitués par des paragneiss à plagioclases, par des orthogneiss, et aussi par des migmatites. On y trouve encore des intercalations nombreuses de quartzites, renfermant parfois de la sillimanite, ou d'amphibolites, qui font partie intégrante de la série gneissique, bien qu'ils soient souvent très semblables aux mêmes faciès de la série du Simandou. Par ailleurs, cette série possède une individualité certaine vis-à-vis de la série gneissique, car elle jalonne toujours des axes synclinaux dans les massifs cristallins. La disposition synclinale des chaînes quartzitiques de Guinée a été décrite d'abord par M. Lamotte et P. Routhier ([2]), pour la chaîne du Nimba. Elle se retrouve dans la chaîne

([2]) L. Dangeard, *Observations de Géologie sous-marine et d'Océanographie relatives à la Manche* (*Thèse Ann. Inst. Océan.*, nouvelle série, 6, fasc. I).

([1]) A. Obermuller, *Bull. Dir. Mines d'A.O.F.*, n° 5, Dakar, 1941.

([2]) *Bull. Soc. Géol. France*, (5), 13, 1943, pp. 113-124.

du Simandou, avec une moins grande netteté toutefois, en raison d'un resserrement souvent plus intense des plis.

On observe, de plus, dans la chaîne du Simandou, une très remarquable discordance entre la série du Simandou, telle qu'elle a été définie ci-dessus, et la série gneissique. Cette discordance n'apparaît pas directement sur le terrain, où l'on voit toujours, au voisinage des contacts, la schistosité prendre des directions concordantes dans les deux séries. Elle ressort par contre, avec une grande netteté sur la carte géologique dressée par l'un de nous ([3]), où les directions dans la série des gneiss, soulignées par le figuré des couches d'amphibolites, sont recoupées en biseau par le synclinal de la chaîne du Simandou. Il est du reste probable que la concordance apparente que l'on observe dans les gneiss au voisinage du contact n'est qu'un effet de la schistosité cristallophyllienne secondaire, qui s'est développée au cours du métamorphisme de la série quartzeuse.

Quoi qu'il en soit, une telle disposition traduit, selon nous, *l'existence d'une discordance stratigraphique de la série métamorphique du Simandou sur un substratum gneissique plus ancien.*

Cette discordance rappelle beaucoup celle que l'on observe à Ansongo au Soudan ([4]), ou à Bakel au Sénégal ([5]). Ici encore, la série des quartzites du Simandou représente la base des formations birrimiennes, antérieures aux venues granitiques majeures en A. O. F. Quant aux gneiss de Guinée, ils sont les témoins d'un socle anté-birrimien, dont l'existence a été reconnue aussi, récemment, beaucoup plus au Nord en Mauritanie, par A. Blanchot ([6]).

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la propagation de la lumière à travers le brouillard.* Note de M. **Jean Bricard**, présentée par M. Charles Maurain.

I. Une couche de brouillard d'épaisseur l est éclairée normalement par un faisceau parallèle monochromatique. Soient $\varnothing_0$ le flux lumineux incident, $\varnothing$ le flux transmis, nous admettrons que

$$\varnothing = \varnothing_0 \, e^{-kl},$$

où k désigne le coefficient d'absorption du brouillard. Le flux $\varnothing$ ne représente qu'une partie du flux total transmis, celui-ci faisant intervenir en plus le flux diffusé par chaque gouttelette qui joue séparément le rôle d'une source lumineuse.

Pour des particules de rayon R suffisamment grand par rapport à la

([3]) A. Obermuller, *Op. cit.*, cartes hors texte.
([4]) M. Roques, *Bull. Soc. Géol. France*, (5), 15, 1945, p. 528.
([5]) M. Nickles et M. Roques, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1452.
([6]) A. Blanchot, *Ibid.*, 222, 1946, p. 1450.

longueur d'onde λ de la lumière ($2R \geqq 10\lambda$), on peut admettre en première approximation ([1]) que la lumière diffusée par une goutte d'eau, et empruntée au faisceau incident, se compose de deux parties, le flux diffusé par réflexion et réfraction d'une part, et celui diffusé par diffraction d'autre part, chacun d'eux ayant pour expression $\sigma = E\pi R^2$ (E désigne l'éclairement de la goutte). Le flux total diffusé par un obstacle transparent est donc égal *au double* du flux intercepté par le contour géométrique de celui-ci; il en résulte que le coefficient d'absorption a pour expression $k = 2N\pi R^2$, où N désigne le nombre de gouttelettes présentes dans l'unité de volume ([2]), et que, dans ces conditions, toutes les radiations sont transmises dans les mêmes proportions ([3]).

II. Pour vérifier cette relation, nous avons opéré dans un réservoir cylindrique vertical de $2^m,85$ de hauteur et $1^m,20$ de diamètre, mis en œuvre par E. Brun à la station expérimentale du froid de Bellevue, et destiné à d'autres expériences. Le brouillard est produit par un pulvérisateur, le faisceau lumineux à étudier traversant suivant un de ses diamètres le réservoir muni de fenêtres à son extrémité inférieure; lorsque le pulvérisateur fonctionne depuis un temps suffisamment long, il s'établit un état d'équilibre, la constitution du brouillard, fixée par le réglage du pulvérisateur, ne varie plus et la durée des expériences n'est pas limitée.

On a déterminé la masse moyenne d'eau liquide par unité de volume en aspirant un volume d'air connu chargé de brouillard (500 litres environ), à travers un tube de 15^{mm} de diamètre et 20^{cm} de long, contenant un tampon de coton de verre, que l'on pèse avant et après l'opération ([4]). On a vérifié, d'une part que la saturation de l'air du réservoir était complète, et d'autre part que la totalité de la partie liquide aspirée dans le tube était arrêtée sur le tampon de coton. (Le dispositif expérimental employé sera décrit dans un autre Mémoire.)

Avec le pulvérisateur utilisé, pour que le brouillard soit sensiblement homogène, il faut qu'il comporte 3 à 4^g d'eau liquide par mètre cube, les gouttes ayant un rayon moyen [déterminé par captation électrostatique dans l'huile ([5])

([1]) R. MECKE, *Annalen der Phys.*, 65, 1921, p. 257; voir également A. KASTLER, *La diffusion de la lumière par les milieux troubles*. Paris, 1943.

([2]) Le calcul de Stratton et Houghton (*Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 159), basé sur la théorie de Mie et valable pour des particules sphériques transparentes de dimensions quelconques, conduit au même résultat lorsque le rayon des gouttelettes est suffisamment grand par rapport à la longueur d'onde.

([3]) MIDDLETON, *Visibility in Meteorology*, Toronto, 1941, p. 10; A. MONNIER, *Thèses Université de Caen*, 1936, p. 111.

([4]) PH. PLUVINAGE, *Annales de Géophysique*, 2, 1946, p. 34.

([5]) E. BRUN et M. PAUTHENIER, *La Météorologie*, 1943, p. 70.

commandée de l'extérieur et mesure microscopique] compris entre 3^{μ} et $3^{\mu},5$. Cette constitution est très différente de celle des nuages naturels ([6]).

Le faisceau lumineux est produit par un projecteur muni d'une lampe à vapeur de mercure et de filtres permettant d'isoler soit la raie verte (5461 Å), soit l'ensemble des raies bleue et violettes (4358, 4078 et 4047 Å). On détermine le facteur de transmission en mesurant le flux après traversée du brouillard et en l'absence de celui-ci avec un photomètre de Fabry ([7]) comportant une lentille frontale L_1 de 8^{cm} de diamètre et 40^{cm} de distance focale, au foyer de laquelle on a placé une seconde lentille L_2 de 40^{mm} de distance focale qui forme l'image de L_1 sur la cathode d'une cellule munie d'un amplificateur. Sur la lentille L_2 se place un diaphragme limitant l'ouverture du faisceau reçu par l'appareil.

En orientant l'axe du photomètre suivant celui du projecteur, on reçoit le flux total qui émerge du brouillard dans cette direction; dans une direction voisine, on reçoit uniquement le flux diffusé par les gouttelettes (on admet qu'il ne varie pas sensiblement lorsque l'inclinaison sur l'axe des rayons diffusés reste suffisamment faible), ce qui permet de connaître le flux $\varnothing$ transmis par le milieu et défini plus haut.

III. Posons $k = \alpha N \pi R^2$. Dans ces conditions, on a trouvé que le coefficient α est sensiblement le même que l'on opère avec la raie verte, ou avec l'ensemble des raies bleue et violettes du mercure, et qu'il est compris entre 1,8 et 2,3. Toutefois ces mesures ne constituent pas une vérification définitive de la théorie de Mecke; elles demanderaient à être confirmées par des mesures effectuées sur des brouillards de constitution très différente et, notamment, dans les nuages naturels.

OCÉANOGRAPHIE. — *Méthode pour l'étude quantitative des Diatomées vivant sur les fonds de vase.* Note de M. **Paul Bougis**, présentée par M. Louis Fage.

En 1925 Hunt ([1]), étudiant les animaux qui peuplent les fonds de 25 à 75^{m} au large de Plymouth, estime que les Diatomées benthiques tiennent une place importante dans leur nourriture. Récemment Bourcart insiste sur leur rôle dans la couche superficielle de la vase ([2]). Leur étude quantitative a été jusqu'à ces derniers temps complètement négligée, puisque, à ma connaissance, le seul travail s'y rapportant est celui de Molly Mare ([3]).

([6]) J. Bricard, *La Météorologie*, 1943, p. 57.

([7]) *Annales d'Astrophysique*, 6, 1945, p. 1.

([1]) *Journ. Mar. Biol. Assoc.*, 13, 1925, p. 560.

([2]) *C. R. Somm. séance Soc. Biogéog.*, 1942, nos 158-159.

([3]) *Journ. Mar. Biol. Assoc.*, 25, 1942, p. 517.

Mare utilise une méthode indirecte de comptage : la méthode des cultures diluées. Cette méthode ne donne que des résultats relatifs, car certaines espèces peuvent ne pas se multiplier dans les milieux ensemencés, et il arrive, très probablement, que des stades de résistance se dékystent. La méthode exposée ci-dessous est au contraire une méthode directe. Elle a, de plus, l'avantage, puisqu'elle opère sur du matériel fixé, de ne pas nécessiter l'étude immédiate des échantillons. Elle utilise le procédé indiqué par Leboime ([4]) pour la séparation des Diatomées.

La vase, prélevée au moyen d'un tube à clapet fonctionnant comme sondeur, est fixée au formol le plus tôt possible après la prise (2 heures au maximum); entre temps, l'échantillon est maintenu à l'obscurité. La portion superficielle de la carotte de vase est recueillie, puis fortement additionnée d'eau. Le tout est agité pour obtenir une suspension homogène, et une fraction déterminée, correspondant à environ 0,1 à $0^{cm^3},3$ de vase pure, est prélevée à l'aide d'un appareil s'apparentant à celui décrit par Gibbons ([5]). Plusieurs fractions sont étudiées successivement pour contrôler les résultats.

Dans des tubes à centrifuger on introduit d'abord une solution de borotungstate de cadmium de densité 2,3, puis une solution plus légère (de densité 1,5 par exemple), enfin la suspension de vase à traiter. Après centrifugation la majeure partie de la vase est rassemblée en un culot noirâtre au fond du tube, tandis qu'un petit nuage de particules s'est formé à la surface de la liqueur de densité 2,3. Dans ce nuage, mêlées à des impuretés (grains de pollen de conifères, débris divers), abondent les Diatomées.

Cette couche est recueillie à la pipette, versée dans des cellules à fond mince (de 14^{cm^2}) et additionnée d'eau. Après sédimentation, le comptage se fait au microscope renversé suivant la méthode utilisée pour le phytoplancton. La sédimentation est assez uniforme pour qu'il suffise de parcourir seulement un dixième du fond de la cellule pour en déduire avec une bonne approximation le nombre total des Diatomées recueillies. Si la sédimentation a été irrégulière, l'eau de la cellule est agitée à nouveau et le comptage est répété. Seules sont comptées les Diatomées présentant des chromatophores bien reconnaissables et donc incontestablement vivantes. Si la fixation a été suffisante (24 heures), ces chromatophores ne s'altèrent pas pendant les manipulations. Au cours de la centrifugation, des Diatomées sont entraînées de force par la foule des particules lourdes et se retrouvent daus le culot. Il faut donc ne centrifuger que des suspensions assez diluées de vase, et traiter le culot à nouveau comme vérification.

Résultats. — Grâce à cette méthode j'ai pu étudier un échantillon de vase recueilli le 8 septembre 1946, au large de Banyuls, sur le bord ouest du Rech Lacaze-Duthiers ([6]). La profondeur du sondage, malheureusement mal précisée, était d'au moins 200^{m}. L'étude m'a montré la présence de Diatomées vivantes : la densité rapportée à 1^{dm^2} de surface atteignant 80000 Diatomées (la tranche prélevée à la surface de la carotte de vase étant épaisse de 1^{cm}). Ces Diatomées appartiennent pour environ 50% au genre *Pleurosigma* (3 espèces,

([4]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 591.
([5]) *Journ. Cons. Internat. explor. Mer*, 8, 1933, p. 195.
([6]) Sortie organisée par M. Bourcart (Mission du C. O. E. C.).

mesurant de 60 à 250$^{\mu}$); le reste est représenté par une quinzaine d'espèces différentes, entre autres : *Navicula pennata* A. S. et deux *Diploneis* du groupe des *Didymæ*; elles sont toutes franchement benthiques. Je n'ai pas compris dans les comptages la Diatomée *Nitzschia longissima* Breb. *forma parva* dont le mode de vie est demi-planctonique.

Il ne peut être question d'accorder une grande valeur au chiffre même obtenu pour la densité, alors qu'il s'agit d'un sondage isolé. Le fait important est la présence de Diatomées benthiques vivantes, à plus de 200^{m} de profondeur. Les algues planctoniques exclues, car elles sont entraînées facilement hors de la zone de lumière, la plus grande profondeur à laquelle ait été mentionnée la présence d'algues vivantes en Méditerranée était jusqu'ici de 180^{m} (Rodriguez in Feldmann)[7].

Comme terme de comparaison, des essais préliminaires sur la vase de la Baie de Banyuls (fonds de 30^{m}) m'ont donné, en mai et août, des densités au décimètre carré de l'ordre de 5 à 10 millions de Diatomées pour une tranche superficielle de 1^{cm}. Ces données sont du même ordre de grandeur que celles publiées par Mare pour la vase de Plymouth (45^{m} de profondeur).

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Structure nucléaire du* Strelitzia Reginæ *Ait.* Note de M. **Edmond Doulat**, présentée par M. René Souèges.

Le *Strelitzia Reginæ* est une Musacée originaire de la région du Cap, dont l'étude caryologique, à notre connaissance, n'a pas été effectuée jusqu'ici. Les résultats de cette étude soulèvent la question, non encore posée semble-t-il, du devenir des satellites et de leur filament dans les noyaux interphasiques de type euchromocentrique et, corrélativement, celle de savoir sous quelle forme peuvent se manifester, si elles existent, les relations entre euchromocentres et nucléole, à ce stade. Le matériel utilisé consiste en extrémités de jeunes racines fixées au liquide de Benda de Zeuw. Les coupes ont été colorées par la méthode de Feulgen, avec post-coloration au vert-lumière.

Les noyaux interphasiques (diam. moy. : 5$^{\mu}$,2) possèdent un nucléoplasme clair, à reflets verdâtres ou rosés très atténués dans lequel baigne un nucléole (diam. moy. 1$^{\mu}$,3) d'un vert foncé présentant généralement une vacuole centrale assez grande. Les *euchromocentres*, fortement colorés en un rouge violet intense, sont exactement appliqués à la périphérie du nucléoplasme et ne reposent sur aucun réseau chromatique. Ils sont relativement volumineux, bien que de taille irrégulière. Leur contour, parfois circulaire chez les plus petits qui paraissent homomorphes, est très généralement elliptique chez les gros (diam. moy. : grand axe 0$^{\mu}$,86, petit axe : 0$^{\mu}$,55) qui semblent posséder

(7) *Mém. Soc. Biogéog.*, 7, 1940, p. 81.

une structure hétérogène chromonématique analogue à celle que nous avons décrite chez les *Tropæolum*, *Ricinus* etc. ([1]). Le nombre des euchromocentres comptés dans des noyaux entiers du méristème est compris entre 10 et 14. Ce dernier résultat, *fréquent*, correspond au nombre diploïde $2n = 14$ des chromosomes et justifie ainsi l'appellation d'euchromocentres (au sens de Grégoire) que nous donnons à ces éléments. Dans un certain nombre de noyaux, 1, 2, parfois 3 euchromocentres ne se distinguant en rien, quant à leur taille, leur forme et leur chromaticité, des autres corpuscules euchromocentriques, sont placés généralement au voisinage du nucléole ([2]). Parfois, ils se juxtaposent à lui, entièrement ou en partie, se détachent fortement sur le fond nucléolaire et occupent quelquefois une position radiale par rapport à celui-ci. Les autres euchromocentres restant visibles dans le nucléoplasme des mêmes noyaux n'offent apparemment aucun lien observable entre eux et le nucléole.

Si l'on étudie cette disposition, *qui n'est pas constante*, à un fort grossissement et avec un éclairage approprié ([3]), on conclut à l'impossibilité absolue de préciser, par suite de la petitesse des éléments, s'il existe un contact quelconque entre euchromocentres et nucléole. Il est également *impossible d'affirmer la présence d'un tractus coloré* reliant ce nucléole avec les granules chromatiques voisins. Nous pensons toutefois que de tels euchromocentres, dont le *contact* avec le nucléole pourrait être purement fortuit, mais dont le *voisinage* avec celui-ci serait fonction des processus observés au cours de la mitose, dérivent soit des chromosomes satellifères bien visibles à la métaphase, soit des chromosomes spéciaux dont les relations avec le nucléole sont particulièrement nettes à la prophase. En effet, chez le *Strelitzia*, type à chromosomes courts, les figures prophasiques montrent la présence indubitable de contacts entre certaines régions achromatiques des branches de filaments chromosomiques en voie de formation et le nucléole en voie de décoloration. Les processus de déchromatinisation télophasique permettent, d'autre part, d'assimiler ces euchromocentres à la région d'insertion fusoriale du chromosome qui est soit sub-médiane dans les chromosomes les moins courts et les chromosomes satellifères, soit subterminale ou terminale dans les autres. Des observations antérieures, notamment celles de Heitz, de Mc Clintock, de Fernandès, ont fait état de tractus colorés reliant les chromosomes longs et le nucléole pendant

---

([1]) *Thèse Doct. ès Sc.*, Grenoble, 1943, p. 192.

([2]) Dans ce cas le nucléole n'a plus une position centrale, mais latérale, que les coupes soient transversales ou longitudinales.

([3]) Nous nous servons d'une lumière blanche provenant d'une lampe à source lumineuse punctiforme traversant un écran vert jaunâtre Agfa. Un tel dispositif atténue la teinte du nucléole et renforce, en la contrastant fortement, la coloration rouge violette, et par conséquent le contour des euchromocentres, des chromosomes et de tous les corpuscules chromatophiles du noyau.

l'interphase (*Vicia*, *Zea*, *Narcissus*). *Ces filaments très courts*, qui peuvent disparaître quand il se forme une large auréole périnucléolaire (Fernandès, 1936, *fig.* 1, p. 92) *reliant les satellites au nucléole* et non la branche du chromosome à ce dernier (4).

Nous avons essayé d'apercevoir de tels aspects dans nos préparations, mais il nous a été impossible de déceler ni satellites, ni filaments satellifères à ce stade. Il semble que l'on puisse envisager deux hypothèses, qui se complètent d'ailleurs, pour tenter d'expliquer cette absence de filaments et de satellites. La première consisterait à penser que les satellites du *Strelitzia*, qui se présentent à la métaphase sous la forme de petits corpuscules sphériques rouge violacé, d'un diamètre inférieur environ de moitié à celui des chromosomes, s'amenuisent à la télophase et, de ce fait, ne présentent plus, à l'interphase, une masse de chromatine suffisante pour être décelable avec les grossissements actuels.

Dans ce cas, il deviendrait tout à fait impossible d'apercevoir, à plus forte raison, le filament satellifère dont le diamètre est environ de 1/10 de celui du satellite. La deuxième hypothèse consisterait, ainsi que le fait Fernandès (*loc. cit.*) pour certains chromosomes longs, à envisager que les noyaux de type euchromocentrique, tout au moins ceux du *Strelitzia*, possèdent des *satellites euchromatiques* [= satellites non typiques de Navachine (Fernandès, *loc. cit.*, p. 137)], dont la matière constitutive aurait les caractères de l'euchromatique, subissant elle aussi des transformations télophasiques analogues à celles des bras de chromosomes qui se déchromatinisent à ce stade. C'est ce qui permettrait d'expliquer, nous semble-t-il, pourquoi la très grande majorité des caryologistes (Grégoire et Mme Doutreligne, Eichhorn, Guilliermond, Gautheret, de Litardière, Doulat, Mlle Delay, Hamel etc.) n'ont jamais signalé l'existence de filaments colorés reliant euchromocentres (= prochromosomes) et nucléole.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les pigments carotiniens des Champignons.* Note (1) de Mme **Panca Heim**, présentée par M. Roger Heim.

Dans une Note précédente (2), nous avons montré, pour la première fois, que chez les Champignons les pigments carotiniens peuvent se rencontrer non seulement sous forme dissoute dans les globules graisseux en suspension dans le cytoplasme, comme il a été décrit jusqu'ici, mais aussi sous forme cristallisée.

En effet, chez *Mutinus caninus* Fr. ex Huds. et autres Phalloïdées des genres *Lysurus*, *Pseudocolus*, *Clathrus*, les pigments carotiniens cristallisent sous forme

(4) Voir notamment A. Fernandès, *Bol. Soc. Brot.*, 2e série, **11**, 1936, p. 92, fig. 1.

(1) Séance du 13 novembre 1946.

(2) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1354.

d'aiguilles ou de fines tablettes. Ces cristaux s'édifient à l'intérieur des filaments plus ou moins onduleux, les chondriocontes, incolores dans le primordium et se colorant par la suite en rouge plus ou moins foncé. Les figures 1 et 2 repré-

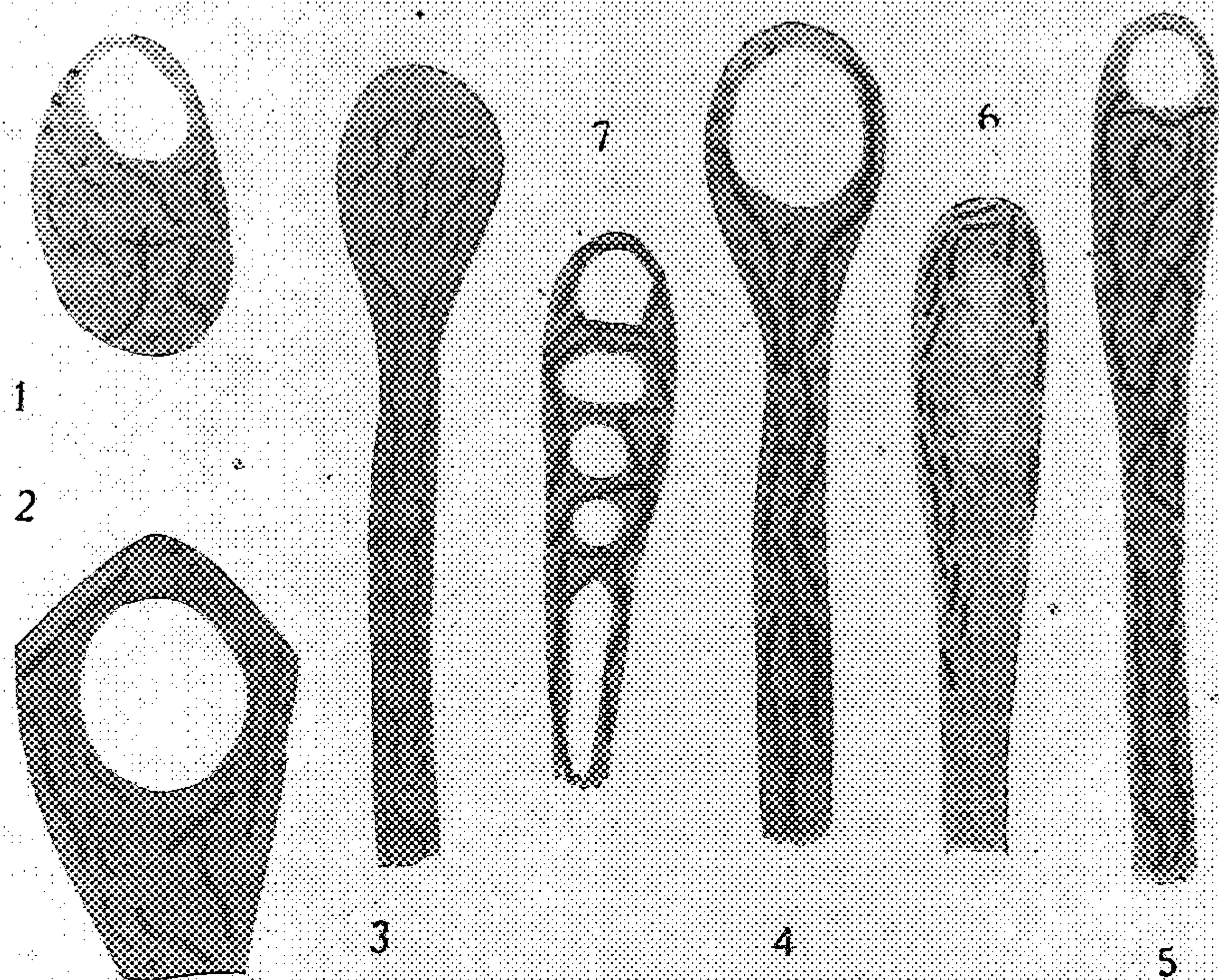


Fig. 1 et 2. *Mutinus caninus* Fr. ex Huds. — Fig. 3 et 4. *Coprobia granulata* (Bull.) Boud. — Fig. 5 et 6. *Ciliara hirta* (Schum.) Quél. — Fig. 7. *Cheilymenia crucipila* (Cooke et Phil.) Le Gal.

sentent deux cellules du stipe de *Mutinus caninus*. La figure 1 concerne une jeune cellule où les chondriocontes plus ou moins fins commencent à rougir; à côté de ces filaments, on remarque quelques granules dont la plupart se colorent également en rouge. La figure 2, très démonstrative, montre une cellule où sont figurés tous les stades intermédiaires entre les filaments très minces, à peine colorés, et les cristaux allongés et rigides.

La cristallisation du pigment caroténoïde au sein du chondrioconte n'est pas particulière aux Phalloïdées. On peut observer le même phénomène chez les Ascomycètes parmi quelques Pezizes rouge orangé. Ainsi, les paraphyses de diverses espèces de *Ciliaria*, de *Cheilymenia*, de *Coprobia* sont remplies de cristaux apparaissant selon des aiguilles ou de minces fuseaux. Ils bleuissent sous l'action de l'acide sulfurique et présentent en lumière polarisée une biréfringence très nette.

Nous avons pu suivre *in vivo* l'évolution de ces aiguilles cristallines dans les échantillons fraîchement récoltés de *Ciliaria hirta* (Schum.) Q. et surtout de *Coprobia granulata* (Bull.) Boud. Dans la même préparation on peut observer de jeunes paraphyses avec de fins chondriocontes rouges auprès d'autres paraphyses dont les chromoplastes plus épais, disposés le long de la cellule, ne

tardent pas à former à leur intérieur une ou plusieurs aiguilles cristallines (*fig.* 3, 4, 5 et 6), parfois placées bout à bout (*fig.* 7). L'apparition des cristaux modifie la forme primitive du filament qui devient plus rigide, bien qu'au début le cristal montre encore la forme flexueuse de son élément générateur, le chondrioconte.

Ce processus de formation du pigment à l'intérieur des chondriocontes chez les Champignons est comparable à celui que révèlent des végétaux supérieurs. Les chondriocontes incolores dans les jeunes cellules du stipe de *Mutinus* ou dans la paraphyse d'une Pezize s'imprègnent directement de pigment au même titre que les chondriocontes de l'épiderme floral de *Clivia* ou de certaines variétés de glaïeul. Qu'il s'agisse du Champignon ou de la fleur, le pigment cristallise de la même façon dans le chromoplaste. L'hypothèse qui faisait de ces organismes hétérotrophes des végétaux à chondriome simple, homogène, ne présentant jamais des aspects de dédoublement, devra-t-elle être abandonnée dans les Champignons à chromoplastes, et faut-il considérer ces derniers Champignons comme possédant un type de structure du chondriome intermédiaire entre celui des autres Champignons et le chondriome des végétaux chlorophylliens? Des observations en cours nous permettront de prouver jusqu'à quel point cette dernière hypothèse peut être retenue.

MYCOLOGIE. — *Observations sur les Eumycètes bryophiles en général et particulièrement les Ascomycètes-angiocarpes.* Note de M. André Racovitza, présentée par M. Roger Heim.

Les Bryophytes constituent un substratum spécifique de choix pour beaucoup de Champignons faisant partie de groupes systématiques très différents. Malheureusement, on possède peu d'indications sur leurs relations avec ces plantes, surtout en ce qui concerne les Macromycètes. Nous pouvons cependant indiquer le nombre provisoire des espèces comme suit :

Archimycètes. — Olpidiacées (2); Synchytriacées (2).

Phycomycètes. — Chytridiacées (2); Lagénidiacées (1); Péronosporacées (9); Saprolégniacées (2); Endogonacées (9); Mucoracées (9).

Ascomycètes [1]. — Sphærellacées (8); Pseudosphæriacées (16); Microthyriacées (3); Hémisphæriacées (1); Hypocréacées (14); Sphæriacées (32); Helvellacées (2); Pézizacées (environ 65); Géoglossacées (9); Léotiacées (9); Bulgariacées (5); Hélotiacées (27); Mollisiacées (13); Patellariacées (7).

Basidiomycètes [2]. — Tremellacées (7); Agaricacées (environ 100); Clava-

(1) Bon nombre d'espèces comprises dans ces chiffres sont encore inédites : marquées ici d'un astérisque, elles seront décrites prochainement dans notre travail : *Étude systématique et biologique des champignons bryophiles.* Ire partie : *Les Ascomycètes-angiocarpes.*

(2) D'après Bauch (in *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, 56, 1938, pp. 78-85), les espèces de

riacées (12); Hydnacées (1); Hypochnacées (5); Polyporacées (7); Théléphoracées (31); Lycoperdacées (2); Nidulariacées (2).

Deuteromycètes. — Excipulacées (3); Leptostromacées (2); Phomacées (28); Zythiacées (1); Mélanconiacées (5); Dématiacées (16); Moniliacées (40); Tuberculariacées (10); Stilbacées (1).

Mycelia sterilia (15).

Les Ascomycètes-angiocarpes bryophiles (³) que nous avons jusqu'ici étudiés peuvent se classer d'après le relevé suivant :

Ascoloculaires	Pseudosphæriales.......	Sphærellacées (8), Pseudosphæriacées (16).
	Hemisphæriales........	Microthyriacées (3), Hémisphæriacées (1).
Ascohyméniales	Pyrénomycètes s. str....	Hypocréacées (14), Sphæriacées (32).

On constate que les Sphæriacées sont les plus nombreuses, ensuite viennent les Pseudosphæriacées, les Hypocreacées, les Sphærellacées, les Microthyriacées et finalement les Hémisphæriacées.

Au point de vue biologique, nous classons les Ascomycètes-angiocarpes bryophiles, en *saprophytes* et en *parasites*. Les saprophytes, qui présentent un intérêt assez restreint, vivent généralement sur les sporogones morts des Mousses *Sphærella* sp. pl., *Leptosphæria* sp. pl., *Pleospora* sp. pl., *Pyrenophora* sp. pl., etc.).

Les espèces parasites peuvent être considérées à deux points de vue :

I. *D'après leur localisation sur la plante-hôte,* nous distinguons :

1° Les *ectoparasites,* dont seuls les suçoirs pénètrent dans l'hôte [*Pseudonectria Crozalsiana* (Grelet) A. Rac., *Leptomeliola Hypnorum* A. Rac., *L. muscorum* A. Rac.*, *L. Ptilidii* A. Rac.*].

2° Les *hémi-endoparasites,* dont une partie seulement du mycélium pénètre dans l'hôte. La plupart ne forment pas de suçoirs [*Nectria muscivora* (B. et Br.) Cooke, *Calonectria Frullaniæ* A. Rac.*, *Coleroa* sp. pl., *Pleosphæria Lophoziæ* A. Rac., *Teichospora jungermannicola* (Mass.) Sacc. et Sydow, etc.]; seuls le *Leptomeliola Scapanae* A. Rac.* et le *L. Mnii* A. Rac.* en sont pourvus.

Ici il faut mentionner les espèces dont le mycélium se localise dans les rhizoïdes et les assises ventrales des Hépatiques à thalle et à *feuilles.* Nous avons désigné ce groupe sous le nom d'*espèces mycothalliques* (μυκης = cham-

---

Tilletia décrites dans les sporogones des Bryophytes sont en réalité des formes conidiennes d'Hélotiacées.

(³) Nous avons adopté la terminologie suivante : Les Champignons *bryophiles* sont ceux qui vivent sur les bryophytes en général, tandis que ceux *muscicoles*, *hépaticoles* et *sphagnicoles* se trouvent respectivement sur les Mousses, les Hépatiques et les Sphaignes.

pignon; θαλλός = rameau), terme que nous croyons mieux choisi que celui de *mycorhizique* réservé aux Champignons qui vivent aux dépens des Phanérogames. Citons, *Pleosphæria Haploziæ* A. Rac. * et *Teichospora jungermannicola* (Mass.) Sacc. et Sydow.

II. *D'après leurs rapports biologiques*, les espèces parasites peuvent être tantôt *inoffensives*, tantôt *très nuisibles* avec tous les degrés intermédiaires. Parmi celles inoffensives, citons en premier lieu les espèces mycothalliques, dont la présence ne semble pas incommoder les Hépatiques.

Les espèces suivantes présentent un effet parasitaire de plus en plus accentué : *Coleroa* sp. pl., *Pseudonectria Crozalsiana* (Grelet) A. Rac., *Pleosphæria Lophoziæ* A. Rac., *Nectria muscivora* (B. et Br.) Cooke, *Leptomeliola* sp. pl., *Acrospermum Adeanum* v. Höhn., etc.

Parmi les espèces très nuisibles citons celles qui attaquent le point végétatif des plantes-hôtes [*Bertia axillaris* A. Rac. *, *Lizonia emperigonia* (Auersw.) Ces. et De Not., *L. emperigonia* f. *Baldinii* (Pir.) Mœsz], celles qui détruisent les anthéridies (*Acanthostigma muscicola* A. Rac.*) et celles qui tuent les jeunes sporophytes (*Calonectria Frullaniæ* A. Rac. *).

De l'étude des Ascomycètes-angiocarpes bryophiles il se dégage les conclusions générales suivantes :

1° Les formes intramatricales (dont la plupart sont des Ascoloculaires) sont peu nombreuses (28 espèces). *Ce sont généralement des Champignons saprophytes qui vivent dans les sporophytes.*

2° Les formes extramatricales (dont la plupart sont des Ascohyméniales) sont par contre plus nombreuses (46 espèces). *Ce sont en général des Champignons parasites qui attaquent les gamétophytes.*

3° Toutes les espèces bryophiles connues *ont des fructifications simples, astromatiques ou uniloculaires*; *les formes composées ou plurilucolaires ne semblent pas vivre sur les Bryophytes.*

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Sur les réactions de croissance au photopériodisme.* Note de M. **Pierre Chouard**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'importance des réactions de floraison ou de non-floraison aux diverses conditions de durée d'éclairement et d'obscurité, c'est-à-dire au photopériodisme, a fait souvent reléguer au second plan l'analyse des réactions de croissance. Elles ne sont pourtant pas moins variées ni moins suggestives pour de nouvelles recherches de biologie végétale. En voici quelques exemples tirés des expériences entreprises depuis deux ans, sur les plantes vivaces surtout, au terrain d'essai du Conservatoire National des Arts et Métiers, à Colombes (Seine), avec, des moyens expérimentaux malheureusement insuffisants.

Les plantes sont élevées pendant de longues durées, si possible plusieurs

années successives, en pots, sous les conditions d'éclairages suivantes : jour naturel; jour continu (par éclairement durant toute la nuit par des lampes à à incandescence donnant 50 à 100 lux); jours longs (8 h. d'éclairement naturel, + 8 h. d'appoint comme ci-dessus en local clos et 8 h. d'obscurité); jours courts (ou mieux nuits longues : 8 h. d'éclairement naturel et 16 h. d'obscurité en local clos). Une série d'essais a lieu en plein air, sous les fluctuations saisonnières de température, celles des plantes en local obscur y subissant seulement des fluctuations thermiques plus atténuées. Une autre série (jour continu, jours courts), a lieu en serre, à 12-18° en moyenne. J'observe, dans ces conditions :

1° *Des espèces à croissance continue, en jours longs ou continus.* — Ce sont surtout des espèces à tiges dressées et à floraison nyctopériodique, comme le *Chrysanthemum indicum* qui, en jour continu, s'allonge indéfiniment en rameaux feuillés, sarmenteux, végétatifs. Ce sont aussi certains arbustes eurypériodiques comme *Salix repens* ou héméropériodiques comme *Calluna vulgaris* ou les *Rosiers*, ou des herbes héméropériodiques à tiges rampantes comme *Lysimachia nummularia*. On peut rattacher à ce type des plantes stolonifères comme les *Fragaria* (*vesca*, et *à gros fruits*) dont les stolons poussent indéfiniment et se reforment sans arrêt en jours continus. Chez toutes ces plantes, le froid, s'il est infligé, suspend la croissance qui recommence dès le retour au tiède.

Deux variantes sont à noter dans la réaction aux jours courts :

a. Plusieurs de ces plantes : *Salix repens*, *Rosiers*, *Fraisiers stolonifères*, en journées courtes, ont la croissance réduite et alors contrôlée par le stimulus thermopériodique, par la période froide dite de repos hivernal. En effet, en jours courts, elles ne s'allongent que peu, en entre-nœuds très courts ou nuls, puis cessent de croître. Les feuilles tombent chez les espèces ligneuses. Aucune croissance ne reprend alors sans l'application du froid (ou d'un des agents de forçage). Ici, les jours courts sont incapables d'entretenir la croissance végétative; l'entrée en repos y est fatale.

b. D'autres cependant n'ont pas ces exigences : en jours courts la croissance est certes plus lente, les entre-nœuds sont courts ou nuls, les feuilles petites; mais l'allongement n'est jamais arrêté (sauf temporairement en cas de froid), et le froid n'est pas nécessaire à la reprise de la croissance active en journées longues ou continues. Tel est le cas de *Calluna*, de *Lysimachia nummularia*.

c. Quant aux espèces nyctopériodiques, leur croissance est, bien entendu, promptement arrêtée en jours courts par la mise à fleurs de tous les bourgeons.

2° *Des espèces à croissance discontinue même en jours longs.* — C'est le cas des *Lilas*, *Cerisiers*, typiquement tous deux eurypériodiques : les rameaux s'arrêtent vite de croître en jours courts comme dans la catégorie 1° *a* ci-dessus; mais, en jours longs ou continus, bien que la croissance soit prolongée davantage, les entre-nœuds plus grands, la croissance finit par cesser après

3 mois environ; les feuilles persistent longtemps, mais la croissance ne reprend qu'après un temps suffisant de froid ou un desséchement marqué, physique (privation d'eau) ou physiologique (excès temporaire de pression osmotique.)

La hampe florale des plantes bulbeuses (*Endymion*, *Narcissus*) ou des plantes en rosettes (comme les *Primevères*) possède le même genre de réactions. Du point de vue de l'élaboration des ébauches florales, ces plantes sont eurypériodiques (à peu près indifférentes au photopériodisme). Mais la pousse fleurie ne s'allonge qu'après avoir subi un temps préalable de refroidissement; la longueur qu'elle prend ensuite est plus faible en jours courts qu'en jours longs.

3° Chez les herbes vivaces, héméropériodiques, à tige dressée, cette tige a, en général, la valeur biologique d'un chaume, c'est-à-dire que ces plantes ne montrent de telles pousses longues qu'en rapport avec la préparation des fleurs, phénomène qui s'accomplit dès qu'on les place en jours longs ou continus. Les pousses proprement végétatives ne sont que des pousses courtes, en rosettes. Tel est le cas d'*Erythraea centaurium* de *Rumex acetosella* de *Corynephorus canescens*.

Bien d'autres réactions de détail seraient à noter : Si, en règle presque générale, les entre-nœuds sont plus longs en jours longs qu'en jours courts, certaines plantes eurypériodiques se montrent pourtant strictement indifférentes aussi sur ce point, telles *Mercurialis annua* ou *Euphorbia Peplus*, et à très peu près, *Stellaria media*. D'autres changent de port avec la durée d'éclairement. Les *Viola* (*sylvatica* et *hirta*), les *Fraisiers* ont, en jours courts, des pétioles courts, appliqués ou récurvés, des feuilles petites; en jours longs, des pétioles longs, dressés, à feuilles grandes. *Glechoma hederacea* pousse en grands entre-nœuds rampants en jours longs, en très courts entre-nœuds dressés en jours courts. Si beaucoup d'espèces tendent à devenir chlorotiques ou vert pâle en jours courts (8 h.), par contre *Lysimachia nummularia* y est vert intense tandis qu'il est vert doré clair en jour continu.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Sur la découverte de quelques plantes sublittorales dans la Drôme (Dauphiné)*. Note de M. **Maurice Breistroffer**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Le Tricastin possède une série d'espèces remarquables, localisées en des stations privilégiées, loin de leur aire normale d'extension. Plusieurs sont des plantes eu-méditerranéennes ou subatlantiques, dont la présence aussi loin des côtes semble témoigner d'un passé fort lointain, remontant peut-être jusqu'au Pliocène, dans des régions autrefois occupées par la mer et jamais soumises aux effets destructifs des grandes invasions glaciaires du Quaternaire.

Une colonie relictuelle de *Lœflingia hispanica* L. ssp. *eu-hispanica* v. *typica* Maire peuple les pentes sablonneuses bordant l'étang Saint-Louis près Suze-la-Rousse; cette Paronychiacée psammophile (Portugal, Espagne, Formentera,

Sicile, Linosa, Lampéduse?, du Maroc en Égypte, Cilicie, Iran) n'était connue en France que dans les Pyrénées-Orientales (Albères inclusivement), l'Aube (Corbières inclusivement), l'Hérault (*pseudo-adventice* sur le littoral) et le Gard (jusqu'au bord de l'étang de la Capelle). La même station abrite : *Clematis Flammula* L. v. *maritima* (vix L.) DC. (Chatenier !), race eu-méditerranéenne sublittorale (France : des Pyrénées-Orientales aux Alpes-Maritimes), atteignant Saint-Paul-Trois-Châteaux; *Teucrium Scordium* L. ssp. *scordioides* (Schreb.) Arc., eu-méditerranéen rare en France (Pyrénées-Orientales, Aude, Var, Alpes-Maritimes, Corse); *Blackstonia imperfoliata* (L. f.) Samp. (Chatenier), subatlantique à irradiation W.-méditerranéenne (jusqu'en Tunisie), localisé en France près du littoral : des Basses-Pyrénées au Finistère (rare à l'intérieur jusque dans le Loir-et-Cher) et de l'Aude jusqu'au Var (atteignant Ampus) et en Corse, etc.

A Saint-Paul-Trois-Châteaux croît, sur des sables à *Salsola Kali* L. (kaliphile remontant très haut dans la vallée du Rhône, comme le *Corispermum hyssopifolium* L.), le *Silene portensis* L. ssp. *eu-portensis* Maire (Requien !), arénicole subatlantique (très douteux dans la Riviera, en Corse et en Grèce ?), s'écartant peu de l'Océan (France : des Basses-Pyrénées au Finistère, Dordogne, Lot-et-Garonne; Gard à Bagnols. Vaucluse, de Mornas à Bédouin). La même localité abrite : *Medicago litoralis* Rohde v. *longiseta* DC. s.-v. *brachycarpa* Briq., psammophile méditerranéenne à irradiation atlantique (jusqu'au Morbihan, adventice dans le Finistère), très rare à l'intérieur des terres et atteignant Malataverne (Chaten.); *Euphorbia segetalis* L. ssp. *pinea* (L.) Coste v. *fallax* Lor. et Barr. (Chaten.), eu-méditerranéen localisé en France sur le littoral (des Pyrénées-Orientales aux Alpes-Maritimes, Corse) et remplacé dès le Gard par la ssp. *portlandica* (L.) Rouy; *Filago germanica* L. ssp. *eriocephala* (Guss.) Arc., eu-méditerranéen rare en France (Pyrénées-Orientales, Var, Alpes-Maritimes, Corse); *Eragrostis Barrelieri* Dav., eu-méditerranéen rare en France (Pyrénées-Orientales, Hérault, Bouches-du-Rhône, Var; Vaucluse jusqu'à Flassan); *Aira uniaristata* Lag. et Rodr. v. *genuina* (Briq.) Jah. et Maire, eu-méditerranéen (France : des Pyrénées-Orientales aux Alpes-Maritimes, Corse; Gard jusqu'à Saint-Julien-de-Peyrolas, Vaucluse jusqu'à Sérignan); *Iberis ciliata* All. ssp. *eu-ciliata* Maire v. *genuina* Emb. et Maire, endémique français (Pyrénées-Orientales, Hérault, Bouches-du-Rhône, Var, Alpes-Maritimes, Basses-Alpes; Hautes-Alpes à Eyguians, Vaucluse jusqu'à Mornas); *Tamarix gallica* L. (Villars !); *Linum maritimum* L. v. *typicum* Fiori (Chaten.), qui remonte jusqu'à Livron, etc.

A Donzère pousse le *Poa annua* L. ssp. *exilis* (Tommas.) Murb., eu-méditerranéen rare en France (Corse, Alpes-Maritimes, Var, Bouches-du-Rhône; Vaucluse à Orange, Gard à Pont-Saint-Esprit).

Sur les sables de Mollans (Baronnies) croît l'*Agrostis stolonifera* L. ssp.

eu-alba (R. Lit.) Emb. et Maire v. *maritima* (Lamk.) Koch, race sublittorale, non loin d'une station relictuelle d'*Omphalodes linifolia* (L.) Moench v. *coerulescens* (DC. 1815) Breistr. n. c. (Lenoble). Enfin, sur les falaises des Baronnies, Villars et de Saulses-Larivière (!) ont découvert *Senecio Cineraria* DC. v. *typicus* Fiori (Mollans, le Buis, Saint-Ferréol, Rémuzat) et *Campanula rotundifolia* L. ssp. *macrorhiza* (Gay) Bonnier v. *angustiflora* (Tanf.) Guinoch. (Montbrun, Reilhanette, Pierrelongue, Mollans), eu-méditerranéens surtout sublittoraux, qui croissent là en compagnie d'une foule de reliques très remarquables ([1]).

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur l'assimilabilité des phosphates par les végétaux.* Note de M. **Adrien-André Sanfourche**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dès le début de l'emploi des phosphates en agriculture, on fut conduit à attribuer des valeurs différentes aux formes sous lesquelles ils étaient offerts aux végétaux. La distinction établie par Liebig reposait sur la solubilité ou l'insolubilité dans l'eau : les phosphates solubles étaient seuls réputés *assimilables*, c'est-à-dire utilisables par les plantes. Cette notion reçut une confirmation par l'emploi des superphosphates : les phosphates naturels, très peu actifs, devenaient extrêmement efficaces après un traitement par les acides, dont la conséquence la plus manifeste était le passage de l'acide phosphorique d'une forme insoluble à une forme facilement soluble dans l'eau.

Une atteinte fut portée à cette théorie par l'emploi du *phosphate précipité*, ou phosphate dicalcique, qui se montra aussi efficace que le superphosphate, bien que très peu soluble dans l'eau. Ce fait conduisit à modifier la définition de l'assimilabilité et à rechercher des réactions de laboratoire capables d'établir une discrimination entre les phosphates comme le fait la plante elle-même; de longs travaux aboutirent à l'usage du citrate d'ammonium, dans lequel le phosphate dicalcique est facilement soluble. Mais la notion d'assimilabilité commençait à perdre de sa netteté, ainsi que le montre la diversité des réactifs citratés mis en usage.

Cette notion s'obscurcit davantage quand les scories de déphosphoration entrèrent dans la pratique agricole, qui montra leur efficacité, en dépit de leur insolubilité dans l'eau comme dans les citrates. Pour l'appréciation de leur valeur, on dut recourir à l'acide citrique (réactif de Wagner); la notion d'assimilabilité, au sens du laboratoire, perdait tout contact avec la réalité.

([1]) Ces colonies relictuelles sont comparables à celle de Pomet dans les Baronnies (Hautes-Alpes), où *Ephedra distachya* L. v. *typica* Fiori s.-v. *Linnaei* Stapf voisine avec *Scandicium stellatum* (C. Koch) Thell., ou à celle de Volx dans la vallée de la Durance (Basses-Alpes), où *Lavatera maritima* Gouan croît au voisinage de *Vicia saxatilis* (Venten.) Tropéa, dans des stations (Asplenietum glandulosi, Clypeoletum, etc.) très riches en reliques eu-méditerranéennes à aire disjointe.

A la faveur de cette imprécision, certains praticiens crurent prouver l'inutilité de la solubilisation des phosphates minéraux : puisque, disaient-ils, les scories sont assimilables et que les phosphates solubles, perdant leur solubilité au contact des constituants basiques du sol, demeurent néanmoins utilisables par les plantes, c'est que cette solubilité n'est pas nécessaire; son avantage n'est dû qu'au grand état de dispersion qui résulte de la dissémination d'un sel soluble postérieurement précipité. Dès lors, on pourrait faire l'économie des traitements de solubilisation des phosphates naturels, en poussant très loin leur pulvérisation.

Ce raisonnement est cependant contredit par les faits; les phosphates naturels n'ont qu'un effet lent et peu appréciable quel que soit leur état de division. On ne peut leur demander d'assurer la nutrition phosphorée des plantes à végétation rapide.

Puisque les phosphates insolubles sont tantôt assimilables et tantôt non, ce n'est pas la solubilité dans tel réactif qui doit être prise comme critérium de l'assimilabilité. Nous croyons être en accord avec les faits en posant que la molécule phosphorique est assimilable par les végétaux quand elle est sous forme simple; elle ne l'est pas quand elle est sous forme de complexes, ou tout au moins de certains d'entre eux, au premier rang desquels se place le complexe fluo-phosphorique constituant l'apatite. Or, les phosphates naturels ne sont pas à base de phosphate tricalcique, ce sont essentiellement des complexes du type de l'apatite. Presque aucun d'eux n'est exempt de fluor; la plupart en renferment assez pour atteindre et dépasser le rapport $F/P_2O_5 = 0{,}0891$ présenté par l'apatite pure $3(PO_4)_2Ca_3, F_2Ca$.

Cette interprétation, d'accord avec nos expériences antérieures (¹), résout les contradictions; elle introduit une idée directrice unique dans des pratiques et des observations jusqu'ici disparates. L'industrie des engrais phosphatés a pour résultat, sinon pour but explicite, de libérer l'acide phosphorique de son complexe fluoré, soit directement comme par l'attaque acide ou les réactions par voie sèche, soit indirectement comme dans l'élaboration des scories (passage par le ferro-phosphore) ou la fabrication thermique de l'acide phosphorique (isolement préalable du phosphore). Le complexe détruit, l'acide phosphorique, soluble ou non, devient assimilable, ainsi qu'il résulte de l'expérience agricole; l'assimilabilité persiste même après insolubilisation dans le sol des formes solubles, pourvu qu'il n'y ait pas en même temps retour à certains états complexes. D'où le comportement différent des engrais phosphatés dans des terrains variés, en sol calcaire ou amendé par chaulage, ils demeurent assimilables, qu'ils persistent ou non à l'état soluble; en sol acide, renfermant en

(¹) A. Sanfourche et B. Tallibart, *C. R. Acad. Agric.*, 25, 1939, p. 953; 26, 1940, p. 123.

général des sesquioxydes, ils perdent en partie leur assimilabilité, parce qu'ils passent à l'état de phosphates de fer et d'aluminium, dont la constitution complexe n'est pas douteuse, encore que mal connue.

Seul un traitement chimique peut donc rendre assimilables les phosphates naturels, puisque leur état de division importe moins que la destruction du complexe apatitique qui les constitue. La nature de ce traitement dépend de facteurs qui n'ont pas à être examinés ici; le meilleur serait celui qui, pour un coût minime, mettrait l'acide phosphorique à l'abri de toute nouvelle formation de complexe, au sein de la terre.

MORPHOGÉNÈSE. — *Étude expérimentale du rôle morphogénétique des fossettes sensorielles* (pit-organs) *de* Salmo fario. Note de M. **Charles Devillers**, présentée par M. Louis Fage.

Dans un précédent travail ([1]) j'ai démontré expérimentalement la participation des neuromastes du système latéral céphalique à l'édification des os à canaux chez *Salmo fario* (frontal, nasal, ptérotique, etc.). Le corps ou composant membrano ([2]) de tels os provient de l'aggrégation de blastèmes sous-épithéliaux formés au niveau de chacun des neuromastes encore superficiels à ce stade. Les blastèmes binaires, encadrant les neuromastes au moment où ils s'invaginent pour créer le canal sensoriel, édifient le canal osseux ou composant dermo ([2]).

Neuromaste et invagination représentent les deux éléments nécessaires et suffisants au déclenchement de la génèse du dermo. Pris isolément, l'un ou l'autre de ces facteurs n'agit pas. Ainsi de l'épithélium dépourvu de neuromastes, greffé sous la peau d'un alevin (ce qui revient à l'invaginer artificiellement), ne peut créer de foyer d'ossification même s'il est placé dans une zone ostéogène comme celle du frontal. Un neuromaste qui ne s'invagine pas ne peut jouer de rôle dans la dermogénèse ([3]).

A côté des neuromastes, *Salmo* possède encore des fossettes sensorielles (pit-organs des auteurs anglo-saxons) groupées suivant trois paires de lignes (pit-lines). Rien dans la structure histologique ni dans le mode d'innervation ne différencie les organes des fossettes des neuromastes; mais alors que ces derniers s'enferment dans des canaux, les premiers restent superficiels toute la vie. Les fossettes ne participent pas à l'édification des os sous-jacents ([4]).

([1]) *Ann. de Paléontologie*, 1946 (sous presse).

([2]) *J. Anat.*, 69, 1935, pp. 293-316.

([3]) Il peut, dans certains cas, jouer un rôle dans la membranogénèse, mais pour la dermogénèse il doit s'invaginer.

([4]) Ch. Devillers, *Bull. Mus. Hist. nat.*, 2e série, 16, 1944, pp. 295-297; T. Pehrson, *Acta zool.*, 21, 1940, pp. 1-50.

Si le principe énoncé plus haut (nécessité du neuromaste et de l'invagination) est juste, le manque d'activité des fossettes sensorielles pourrait être dû au fait qu'elles ne s'invaginent pas. Il était donc intéressant d'invaginer artificiellement de tels organes dans l'espoir de modifier leur comportement.

Des fragments d'épithélium céphalique portant la ligne antérieure de fossettes ont donc été greffés sous les neuromastes encore superficiels du futur canal supra-orbitaire. Donneurs et hôtes sont âgés de 1 jour et les porte-greffes sont fixés 51 jours après l'opération. Les greffons sont devenus des foyers d'ostéogénèse. Ainsi le cas le plus typique montre la masse du greffon creusée d'une cavité communiquant avec l'extérieur par un fin pertuis rappelant un pore normal de ligne latérale ([5]). Quelques organes sensoriels, irrégulièrement placés, tapissent la cavité ([6]). Je n'ai pu suivre leur innervation. L'ensemble est complété par un entourage osseux, homologue, de par son mode de formation, d'un composant dermo; il vient parfois se souder à la face inférieure du membrano-frontal de l'hôte ([7]).

Ces résultats démontrent que, chez *Salmo fario*, les organes des fossettes sensorielles ne participent pas au processus de l'ostéogénèse parce qu'ils ne s'invaginent pas. La raison de ce comportement particulier ne peut être expliquée, car le mécanisme de l'invagination est encore inconnu.

Les fossettes représentent donc le terme ultime de la réduction progressive du pouvoir morphogénétique qui affecte les organes sensoriels cutanés des poissons. Partant de neuromastes, qui présentent deux cycles d'activité (membranogénèse puis dermogénèse), cette évolution conduit aux neuromastes à cycle unique d'activité (dermogénèse), pour se terminer par les organes parfaitement inactifs des fossettes sensorielles ([8]).

ANTHROPOLOGIE. — *Cuprémie comparée des Races mélanodermes et leucodermes.* Note ([1]) de Mme **Jeanne Leschi**, présentée par M. Léon Binet.

De nombreux travaux ont mis en évidence dans le monde vivant une relation entre la pigmentogenèse et la teneur en cuivre du milieu nutritif. En particulier, l'évolution de certaines mélanoses humaines a permis de suivre l'augmentation

---

([5]) Dans d'autres cas la cavité reste close.

([6]) Je n'ai pas encore résolu la question de savoir si, dans un greffon, les organes sensoriels sont ceux amenés avec le greffon ou représentent des néoformations.

([7]) Bien qu'elle n'ait pas été effectuée, la greffe : épithélium à lignes de fossettes sous ligne de fossettes doit réussir, car la greffe : épithélium supra-orbitaire sous ligne antérieure engendre de l'os.

([8]) Le sort des organes de fossettes n'est toutefois pas irrémédiablement fixé dans le groupe des Téléostéens puisque chez le Gardon, par exemple, l'homologue de la ligne antérieure est représenté par un canal entouré d'un dermo collé au Pariétal.

([1]) Séance du 9 décembre 1946.

du taux du cuivre sanguin chez des sujets blancs qui se pigmentaient. Nous avons recherché si la couleur différente de la peau chez les races mélanodermes et les races leucodermes était liée à un niveau différent de la cuprémie.

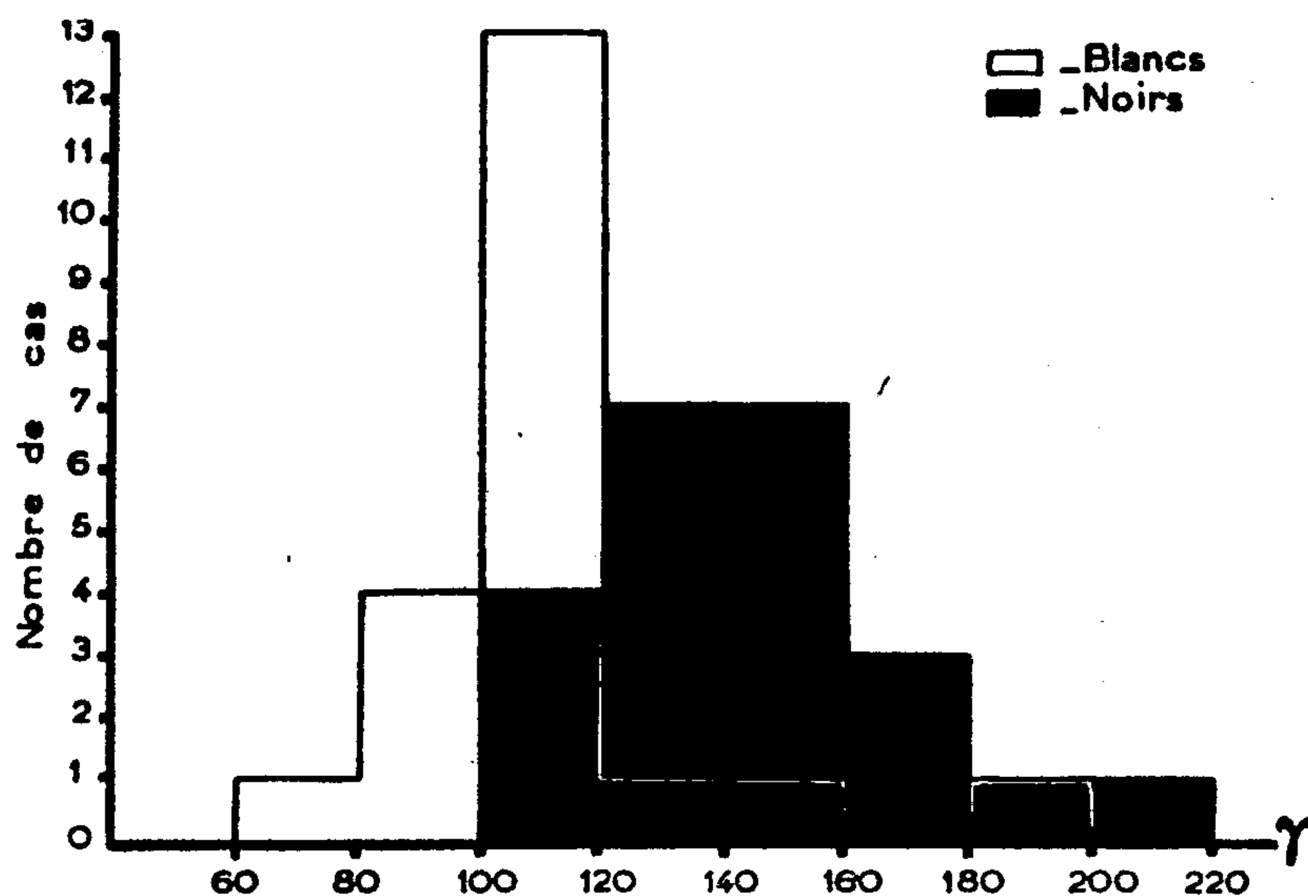
Nous avons examiné 44 sujets : Blancs français et Noirs d'A. O. F., soldats ou étudiants vivant dans les mêmes conditions et sans maladie apparente. Tous étaient de sexe masculin, les femmes blanches examinées ayant montré une teneur en cuivre sanguin plus élevée que celle des hommes. Leur âge allait de 22 à 50 ans.

Les prises de sang ont été faites le matin à jeun. Chaque dosage a été effectué sur 2 à 3^g de sang total d'après la méthode à la diphénylthiocarbazone de Fischer et Léopoldi modifiée par Leloup et Lachiver ([2]).

Pour chaque groupe examiné, sans distinction de sous-races, les moyennes raciales de la cuprémie sont en γ de cuivre pour 100^g de sang :

Noirs (23 sujets)	149
Blancs (21 sujets)	109

La différence des moyennes est d'après les calculs statistiques significative malgré le faible nombre de cas.



Les courbes de fréquence montrent la répartition suivante

γ pour 100^g.	Noirs.	Blancs.
61 à 80	0	1
81 100	0	4
101 120	4	13
121 140	7	1
141 160	7	1
161 180	3	0
181 200	1	1
201 220	1	0

([2]) *Techniques de Chimie biologique*, pp. 275-283, Paris 1947 (sous presse).

L'unité de répartition a été choisie de 20^{γ} pour éliminer de façon certaine toute erreur technique.

Des résultats montrent une teneur en cuivre de sang plus faible chez les individus de race blanche que chez ceux de race noire.

Il est à remarquer que σ est plus élevé chez les Noirs que chez les Blancs. La courbe de fréquence des premiers présente un plateau qui peut correspondre à plusieurs sommets. Le problème est de savoir si les Noirs comprennent en réalité plusieurs groupes caractéristiques examinés en un seul; si un changement de milieu a amené la formation d'équilibres biochimiques nouveaux; ou si une spécialisation moins grande des races noires laisserait une plus large part à la variation.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Signification de l'appendice contractile des Singes. Filiation entre l'appendice contractile et l'appendice différencié.* Note ([1]) de M. **Frédéric Gluckmann**, présentée par M. Paul Portier.

Nous avons montré que la contraction cæcale des Singes se produit aussi sur l'organe *réséqué*. Sur l'intestin *in situ*, elle est suivie par une contraction *ascendante* des bandelettes musculaires, dont on peut du reste rencontrer tous les stades intermédiaires et combinés (*fig.* 1-3). Le substratum de l'automatisme cæcal serait constitué par un système nodal massif, comportant d'innombrables éléments ganglionnaires argentaffines ([2]).

Le déterminisme du phénomène contractile se trouve dans le changement de direction du colon droit, *solidement fixé* chez les Primates, et qui est devenu de plus en plus vertical([3]). La déficience du nœud de l'automatisme cæcal, adapté primitivement à une activité très réduite, entraînera *la dilatation du cæcum*, par stase. Cette dilatation, théoriquement obligatoire, est aussi *réelle* (*fig.* 4). H. Neuville l'a décrite en détail chez le Macaque et le Cercopithèque ([4]).

Les faits histologiques cités ([2]) attestent par conséquent que l'équilibre fonctionnel tend à se rétablir par une *hypertrophie* organique, adaptative.

La cause efficiente de la contraction semble résider dans l'action *irritante* des matières sur son substratum nerveux, car le caractère de cette contraction est *spasmodique* et *expulsif*, obstruant hermétiquement la cavité qu'elle délimite.

La contractilité du cæcum révèlerait donc l'hyperexcitabilité de son nœud d'automatisme en voie d'hypertrophie, qui n'est pas encore arrivée à une efficacité utile.

Il faut admettre que, sous l'influence des mêmes difficultés mécaniques

---

([1]) Séance du 9 décembre 1946.

([2]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 517.

([3]) Ce qui n'est pas le cas pour le colon droit du Kangourou, par exemple, qui est *libre* et entièrement mobile dans l'abdomen (5 cas examinés : *Macropus dors*, *rufus* et *benetti*).

([4]) *L'Anthropologie*, 1922, p. 409.

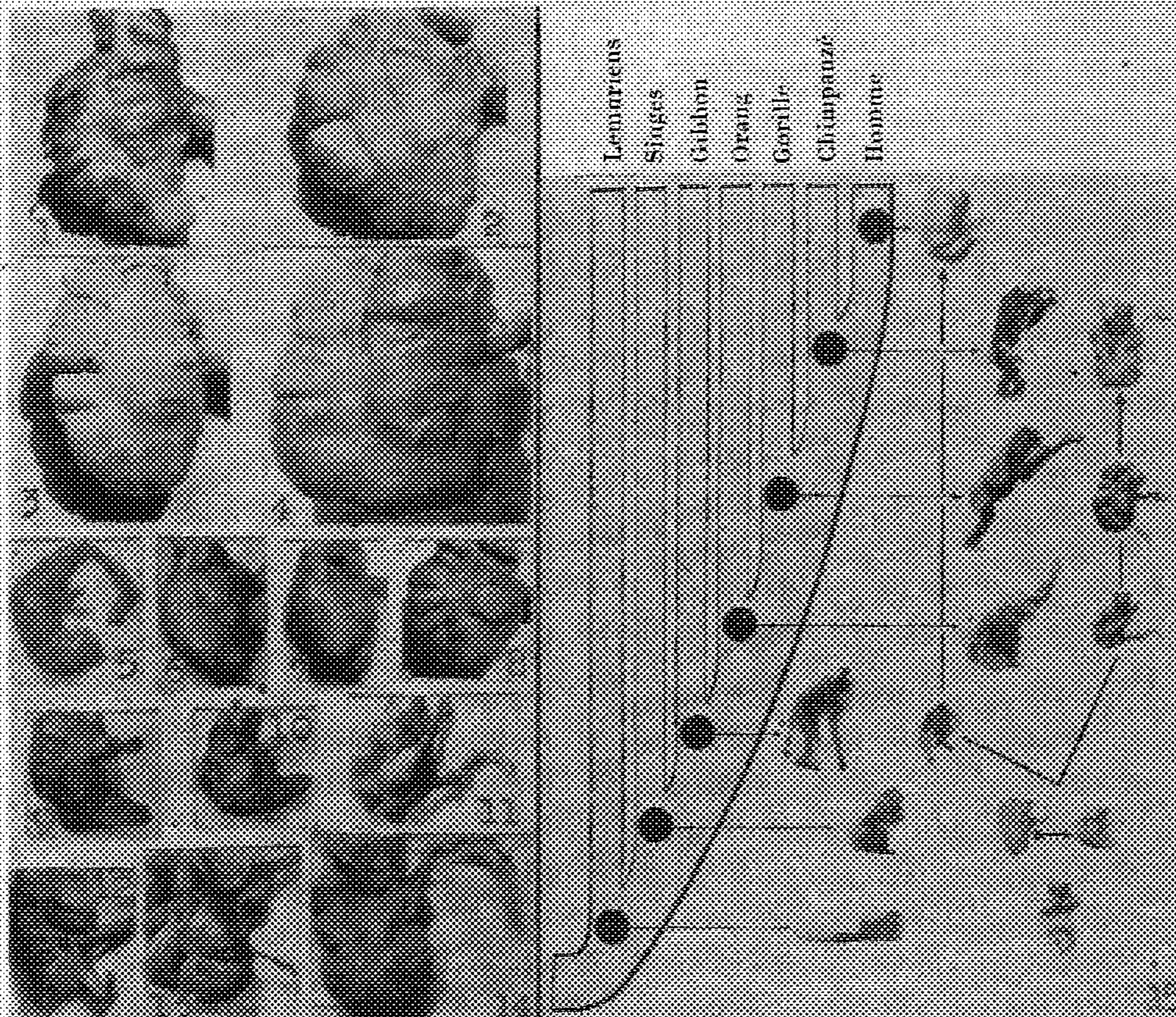


Fig. 1-3. Trois phases successives et finales du phénomène contractile cæcal combiné (Babouin). — Fig. 1. Contraction apicale avec persistance de la contraction des bandelettes, dont l'effet, nettement visible sur la photographie, est *le relèvement du cæcum* (cf. *fig.* 8). — Fig. 2. Relaxation de la contraction apicale, avec persistance de celle des bandelettes. — Fig. 3. Relaxation complète des bandelettes (phase de repos ou de dilatation incipiente). — Fig. 4. Cæcum de Babouin en état de dilatation prononcée (phase précontractile); l'extension du sommet et de l'extrémité des bandelettes constitue le point de départ probable du réflexe combiné. (Pièces provenant de l'Institut Pasteur, service du Dr Dujarric de la Rivière). — Fig. 5. Phénomène de convergence : aspect du cæcum de l'Écureuil (*Sciurus palmarius*), dont l'état de dilatation appréciable est vraisemblablement l'effet de la stase (due à l'habitude de cet animal *de s'asseoir* sur les branches). — Fig. 6. Cæcum de Singe (Babouin) à l'état de repos. Bandelettes *prolongées jusqu'au sommet*, où elles fusionnent. — Fig. 7. Cæcum de Singe (*Cercopithecus talandi*) en état de contraction appendiculisante *complète* (constrictive et strangulante), telle qu'on l'observe lors de sa production expérimentale. Forme très rare chez les individus conservés entiers (d'après une préparation de M. H. Neuville). — Fig. 8. Autre spécimen de cæcum de Babouin en contraction combinée (partielle). — Fig. 9. Cæcum contracté chez un Singe exclusivement herbivore (*Semnopithecus entellus*). La bandelette postérieure couvre toute la face inférieure du diverticule. — Fig. 10. Le même phénomène contractile du cæcum chez le Singe mangeur de Crabes (*Macacus cynomolgus*). — Fig. 11. Appendice d'Orang. Type inférieur : insertion *basse*, embouchure *large*. — Fig. 12. Appendice de Gibbon (*Hylobates agilis*), jeune. Forme plus évoluée : *cylindrique*, mais à insertion toujours *médio-apicale* — Fig. 13. Appendice de Gorille (*Gorilla gorilla*). Forme plus avancée encore : calibre parfaitement *cylindrique*, début de *migration ascendante*. — Fig. 14. Appendice de Chimpanzé (vieux mâle). Passage de la bandelette sur l'appendice; appendice très long, migration extrême (environ 1/7). (Pièces préparées au Laboratoire d'Anatomie comparée du Muséum d'Histoire Naturelle). — Fig. 15. Représentation schématique de la progression de l'attitude bipède des Primates (avec la verticalisation progressive du colon droit, cause de troubles de transit), et de la différenciation graduelle corrélative de l'appendice dans les deux lignées parallèles du phylum.

multipliées, l'appendice contractile *a été fixé*, à l'état spasmodique, chez des êtres intermédiaires disparus, donnant naissance à l'appendice différencié.

La succession des formes appendiculaires de plus en plus évoluées chez les Primates supérieurs aux Singes actuels (*fig.* 10-15) rend cette hypothèse légitime. De nombreux faits anatomiques la corroborent : *double couche* musculaire aussi bien dans l'appendice contractile (*fig.* 1, 7, 9) que dans l'appendice différencié ([2]); développement considérable de l'appareil *musculo-nerveux* et dans un cas et dans l'autre ([5]); *interdépendance*, tant anatomique que fonctionnelle, entre l'appendice contractile et les bandelettes (*fig.* 1, 8), interdépendance anatomique *directe* entre ces mêmes bandelettes et la musculature de l'appendice différencié (qui implique *a priori* l'interdépendance fonctionnelle).

L'appendice différencié apparaît ainsi exactement comme le substratum de l'automatisme cæcal primitif hypertrophié et isolé excentriquement.

Ces notions anatomiques sont en parfait accord avec les données cliniques :

1° *La constipation,* symptôme dominant de l'appendicite, traduirait la destruction, ou la paralysie, des dispositifs neuro-musculaires en cause;

2° La suppression de l'appendice n'est pas suivie plus souvent par des troubles nets de transit, parce que la progression facile des matières dans le segment cæco-ascendant, *horizontal*, pendant le sommeil, compense sa déficience diurne.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Une nouvelle explication de la* myopie *et de la* presbytie *nocturnes*. Note ([1]) de M. **Alexandre Ivanoff**, présentée par M. Jean Becquerel.

On explique généralement la *myopie* nocturne par une intervention simultanée, d'une part, du phénomène de Purkinje joint à l'aberration chromatique de l'œil, et, d'autre part, de l'aberration sphérique de l'œil (le premier facteur intervenant pour un peu moins d'une demi-dioptrie, et le second pour un peu plus d'une dioptrie). Je laisserai de côté dans ce qui suit l'influence de l'effet de Purkinje, et n'étudierai que celle de l'aberration sphérique.

Nos connaissances sur la valeur réelle de l'aberration sphérique de l'œil ayant été jusqu'à présent quasi nulles, on en était réduit à l'évaluer par le calcul à partir d'un dioptre cornéen supposé sphérique. Négligeant cette aberration sphérique *théorique* en vision diurne (pupille petite, effet Stiles-Crawford), et l'adoptant au contraire en vision nocturne (pupille plus grande, effet Stiles-Crawford moindre), on parvenait à expliquer plus d'une dioptrie de myopie nocturne ([2]).

([5]) *Comptes rendus*, 223, 1946, pp. 555 et 517.

([1]) Séance du 27 novembre 1946.

([2]) Y. Le Grand, *Revue d'Optique*, 21, 1942.

Or, pour les cinq yeux dont j'ai mesuré jusqu'à présent l'aberration sphérique par la nouvelle méthode utilisant la lumière dirigée ([3]), j'ai trouvé, pour l'œil désaccommodé, une sous-correction allant bien en augmentant jusqu'à une distance à l'axe variable entre $1^{mm},5$ et $2^{mm},5$ suivant les sujets, mais restant stationnaire ou même diminuant vers la périphérie ([4]), très probablement par suite d'un aplatissement des dioptres oculaires ([2]). Par conséquent lorsque la pupille se dilate elle découvre des régions d'aberration sphérique plutôt moindre, et il est peu probable que celle-ci intervienne davantage pour les grandes pupilles ($h > 2^{mm}$) que pour les petites ($h \leq 2^{mm}$).

Sur les cinq yeux que j'ai étudiés, j'ai remarqué par contre que l'aberration sphérique totale est minima pour une accommodation voisine de 1,5 dioptrie ([4]) : la sur-correction du cristallin (qui va en augmentant avec l'accommodation) équilibre alors la sous-correction de la cornée. Je crois que là se trouve l'explication de la *myopie* nocturne.

M. Yves Le Grand, dans son Cours enseigné aux élèves de l'Institut d'Optique, calcule la répartition de la lumière sur la rétine en tenant compte de l'aberration sphérique *théorique* [correspondant approximativement à la réalité pour une pupille de 4^{mm} ([4])]. M. Yves Le Grand trouve un disque central plus petit que dans le cas du stigmatisme, puis un premier anneau peu important, et un second dont l'éclairement est égal à plus du dixième de l'éclairement au centre. M. Yves Le Grand conclut : « Le fait que le disque central soit si petit, malgré une grosse aberration, explique que l'aberration sphérique ne nuise pas à la vision, tout au moins tant que la brillance et les contrastes sont forts; par contre, aux faibles lumières, l'anneau va empâter l'image et nuire à la vision nette, parce que la rétine devient moins sensible aux différences d'éclairement. »

Il me paraît vraisemblable qu'en vision nocturne, l'anneau venant empâter l'image du point, le cristallin a tendance à accommoder de 1,5 dioptrie afin d'annuler la sous-correction cornéenne et faire disparaître cet anneau gênant. A mon avis il ne s'agit pas de *myopie*. L'image est au point sur la rétine aussi bien en vision nocturne qu'en vision diurne. Mais aux faibles lumières l'œil éprouve le besoin d'améliorer cette image en se débarrassant de l'aberration sphérique. Il faut pour cela qu'il puisse accommoder tout en conservant la même mise au point, d'où nécessité d'un verre divergent.

Suivant cette nouvelle conception ([5]), la paralysie artificielle ou naturelle (œil atropinisé ou fortement presbyte), ainsi que l'absence (œil aphaque) du

---

([3]) *Comptes rendus*, 223, 1946, pp. 170-172.

([4]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 557.

([5]) J. M. Otero et A. Durand eurent, en 1942, l'intuition du rôle joué par l'influence de l'état d'accommodation sur l'aberration sphérique de l'œil. Ils émirent l'hypothèse qu'il

cristallin, doivent supprimer la *myopie* nocturne : c'est bien ce qu'ont signalé J. M. Otero et A. Duran (6) et J. Cabello Gamez (7). Autre résultat expérimental en faveur de ma théorie : J. Cabello Gamez (7) a établi que la *myopie* nocturne n'apparaissait qu'au bout d'une vingtaine de minutes d'adaptation aux faibles éclairements (alors que la pupille se dilate presque immédiatement).

Par ailleurs, toujours suivant cette nouvelle conception, si l'œil éprouve le besoin d'accommoder en vision nocturne de loin afin de diminuer l'aberration sphérique totale, il doit éprouver le besoin de désaccommoder en vision nocturne de près pour la même raison [mes mesures ont en effet montré la forte sur-correction de l'œil accommodé (4)] : c'est bien ce qu'ont signalé A. Duran (8) et J. Palacios (9) sous le nom de *presbytie* nocturne (en vision nocturne de près l'œil doit pouvoir désaccommoder tout en conservant la même mise au point, d'où nécessité d'un verre convergent et par conséquent diminution apparente de l'amplitude d'accommodation).

Je pense qu'il ne s'agit en vision nocturne (l'effet Purkinje joint à l'aberration chromatique mis à part) ni de *myopie* ni de *presbytie*, mais d'un besoin du cristallin d'avoir l'état d'accommodation auquel correspond le minimum d'aberration sphérique totale de l'œil, par suite de la diminution de la sensibilité différentielle de la rétine. Ce qui nécessite des verres divergents ou convergents suivant qu'il s'agit de vision de loin ou de près.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Irradiation, au moyen des rayons X, des ébauches des glandes génitales de l'embryon de Souris, au quinzième jour de la vie intra-utérine.* Note de MM. **Albert Raynaud** et **Marcel Frilley**, présentée par M. Maurice Caullery.

Technique. — Après laparotomie de la Souris gravide, sous-anesthésie à l'éther, un mince pinceau de rayons X est dirigé, à travers la corne utérine et les enveloppes fœtales, sur la région dorsale de l'embryon, au niveau des ébauches des glandes génitales.

Les localisateurs délimitant le faisceau [voir (1)] sont percés de fentes rectangulaires de 3^{mm} de longueur et de 1,5, 2 ou $2^{mm},5$ de largeur, ou d'ouvertures circulaires de 2

---

existait un état d'accommodation pour lequel cette dernière était minima, et supposèrent, pour expliquer la myopie nocturne, qu'*aux grandes ouvertures pupillaires* cet état d'accommodation était de 2 dioptries. Dès 1943, ils abandonnèrent toutefois cette voie, et supposèrent une déformation du cristallin en absence d'excitant lumineux.

(6) *Anales de Fisica y Quimica*, **39**, 1943, p. 579.

(7) *Anales de Fisica y Quimica*, **41**, 1945, pp. 439 et 449.

(8) *Anales de Fisica y Quimica*, **39**, 1943, p. 579.

(9) *Portugaliae Physica*, **1**, fasc. II, 1944.

(1) *Comptes rendus*, **219**, 1943, pp. 55 et 555; *C. R. Soc. Biol.*, **137**, 1943, p. 419.

ou $2^{mm},5$ de diamètre; la distance fenêtre de sortie, corne utérine $= 3^{cm},5$; le canaliseur est coupé par une bague de bakélite de 1^{cm} de long pour éviter l'échauffement du localisateur; l'embryon est immobilisé sur une platine orientable, au moyen d'une fourche articulée. Les irradiations par les faces ventrale ou dorsale ayant toujours tué les fœtus (lésions du foie et de la rate), nous faisons pénétrer les rayons par voie latérale : l'embryon couché sur le côté est allongé sur la platine, la tête légèrement inclinée vers le bas; la fente du localisateur est alors appliquée sur le flanc supérieur du fœtus, perpendiculairement à l'axe vertébral, à la hauteur voulue repérée par rapport à la base de la hanche et à l'ébauche du foie.

Résultats obtenus. — Nous avons actuellement irradié la région où se trouvent les ébauches des glandes génitales chez 97 embryons de souris âgés de 14 jours 7 heures $\pm$ 6 heures, en administrant des doses de 24000 *r* à 84000 *r* (doses calculées à la surface de l'embryon); 42 des embryons ainsi irradiés (ayant reçu de 24000 *r* à 75000 *r*) ont poursuivi leur développement dans l'utérus et ont été sacrifiés au terme de la gestation, puis étudiés microscopiquement. Les lésions ainsi produites intéressent toute la région dorsale de l'abdomen traversée par le rayonnement; seuls seront décrits ici les effets de l'irradiation sur les glandes génitales, étudiés chez les fœtus à terme.

a. Cas des femelles. — L'irradiation de l'ovaire a constamment provoqué une inhibition du développement de la capsule mésenchymateuse ovarienne; avec des doses de l'ordre de 24000 *r* on observe déjà une forte atrophie de l'ovaire (dont le volume n'est plus que le huitième ou le dixième de celui des témoins), en même temps qu'une pycnose du noyau d'un grand nombre de cellules germinales; ces effets, et la réduction du cortex, s'accentuent avec des doses plus élevées.

b. Cas des mâles. — Les testicules irradiés présentent des lésions dont la gravité croît avec la dose de rayons X administrée ([2]) et qui peuvent être classées en 4 stades principaux : 1° légère inhibition du développement testiculaire sans altération nette de sa structure; 2° réduction considérable de la taille du testicule (déjà obtenue avec 24000 *r*) : il se produit une sorte d'arrêt de développement donnant au testicule des fœtus, à terme, une structure voisine de celle des testicules des fœtus âgés de 14 jours; les tubules testiculaires sont très larges (leur diamètre atteint 100 à 125^{μ} alors qu'il n'est que de 50 à 60^{μ} chez les témoins à terme); ils contiennent un grand nombre d'éléments cellulaires d'aspect normal (petites ou grandes cellules); entre ces tubules existent des amas de glande interstitielle; 3° dans le stade suivant (doses voisines de 60000 *r*) le testicule possède cette structure, mais à l'intérieur des tubules les cellules présentent des signes de mort (noyaux condensés ou pycnotiques),

([2]) Une certaine variabilité dans les effets observés, sans doute due à des orientations défectueuses du faisceau de rayons X, ne permet pas actuellement de déterminer avec précision la dose provoquant un stade défini d'altération.

tandis que les cellules interstitielles paraissent histologiquement normales; 4° enfin, dans un stade ultérieur (obtenu avec doses de l'ordre de 65000 *r* et supérieures), tous les éléments du testicule sont altérés et la plupart en nécrose : les cellules interstitielles ne sont plus reconnaissables et il existe des amas de cellules en tuméfaction trouble ou à noyau pycnotique provenant de tubules plus ou moins désagrégés. Dans ces deux derniers stades, la réduction de taille du testicule est souvent très prononcée (le volume testiculaire n'est plus, à terme, que le 1/20 ou le 1/30 du volume des testicules des fœtus témoins), et en général ces testicules ne sont pas descendus [3].

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'oxydation du cytochrome par la laccase.* Note de MM. **Didier Bertrand, Henri Belval** et Mlle **Gilberte Legrand**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

T. Mori [1] utilisant une préparation d'*indophénoloxydase*, obtenue par Keita Shibata à partir d'un Lactaire, trouve, par spectroscopie qu'elle oxyde *in-vitro*, le cytochrome C réduit. Deux ans plus tard, Graubard [2] extrait d'un autre champignon, *Russula foetens*, une oxydase qu'il assimile à la laccase, bien qu'elle n'en ait pas tout à fait les propriétés; il constate, également par spectroscopie, que ce ferment oxyde le cytochrome C réduit. Toutefois, ses micromesures manométriques, effectuées à pH 6,35, avec la cystéine comme réducteur, n'accusent aucune absorption d'oxygène. D'autre part, Keilin et Hartree [3], quelques mois avant le travail de Graubard, déclaraient ne pas retrouver les résultats de l'école de Shibata, et ils attribuaient l'oxydation observée à la présence d'une impureté métallique.

---

(3) Le retentissement, sur le tractus génital des fœtus, de l'irradiation des glandes génitales, sera décrit ultérieurement : dans la majorité des cas, les canaux de Muller et de Wolff (qui sont complets et continus dans les deux sexes au stade de l'irradiation), sont détruits par les rayons X, car, à ce stade, ils sont à proximité des gonades; seulement dans quelques cas privilégiés, des portions importantes des gonoductes sont épargnées par les rayons; signalons ici que, chez un fœtus mâle dont les testicules irradiés (65000 *r*) ne sont pas descendus, les gonoductes droits ont été détruits, mais il persiste à gauche un canal de Wolff continu et un court segment, bien développé, du canal de Muller; chez un autre fœtus mâle (n° 1358), dont seul le testicule droit a été irradié (75000 *r* administrés à l'âge de 14 jours 7 heures) et n'est pas descendu, il existe, à terme, une portion importante du canal de Muller droit (le tiers inférieur), et, à ce niveau, le canal de Wolff droit et la vésicule séminale correspondante sont atrophiés, tandis qu'ils sont bien développés à gauche.

(1) Cité par Keita Shibata, *Enzymforsch.*, 4, 1936, p. 358.

(2) *Enzymologia*, 5, 1938, p. 343.

(3) *Proc. Roy. Soc.*, B. 125, 1938, p. 171.

Or, à ne considérer que leurs substrats, la laccase de G. Bertrand ([1]) et la cytochrome-oxydase ([3]) sont évidemment très voisines. Elles diffèrent, par contre, par leurs pH optima : Keilin et Hartree opèrent à pH 7,3; à ce pH, ainsi que l'un de nous l'a montré ([4]), la laccase n'a que peu d'action sur les substrats étudiés, son maximum d'activité se situant à pH 6,25-6,35 ou 6,7 selon les cas.

Il nous a paru dès lors intéressant de rechercher dans quelles conditions la laccase était à même d'oxyder le cytochrome réduit. Ce dernier, extrait du cœur de cheval suivant la technique de Keilin et Hartree ([5]), et purifié selon les indications des auteurs ([3]) par l'acétone froid, renfermait entre 0,40 et 0,416 % de fer. Quant à la laccase, préparée à partir du suc de *Rhus succedanea* ([6]), à l'aide de réactifs exempts de cuivre, elle possède bien l'ensemble des caractères attribués à ce ferment.

Un simple examen au spectroscope nous avait montré sans doute possible que, *in vitro*, la laccase oxydait le cytochrome réduit. Restait à mesurer la quantité d'oxygène absorbé; nous l'avons fait, comme Keilin et Hartree, mais au moyen de l'appareil de Warburg, en présence d'hydroquinone ou de cystéine et d'un tampon de phosphates, le cytochrome ne servant alors que de transporteur d'oxygène ($0^{cm^3},2$ de solution à 1 % de cytochrome pour 10^{mg} d'hydroquinone). Des témoins ont été préparés avec la même laccase inactivée par chauffage à 100°, il a été facile de constater que le ferment ainsi traité est sans action sur le cytochrome; il ne saurait donc être question d'attribuer l'oxydation à une impureté métallique. Enfin c'est à dessein que nous n'avons employé ni la *p*-phénylènediamine, ni le catéchol, qui sont trop autoxydables en milieu alcalin.

La quantité d'oxygène absorbée (Q_{O_2}) est alors définie : le nombre de millimètres cubes absorbé en une heure par le cytochrome C réduit et l'hydroquinone moins la quantité absorbée par l'hydroquinone seule, pour une quantité donnée de laccase, à pH donné et à 37°. Les nombres sont déduits de mesures faites dans les premières six minutes, sur la partie rectiligne de la courbe d'absorption d'oxygène; ils sont la moyenne de nombreux résultats obtenus au même pH. Le pH est mesuré avant et après les mesures et ne varie pas.

Dans ces conditions, on constate que Q_{O_2} est à peu près nul à pH 6,35, ce qui explique le résultat de Graubard ([2]). Le pH optimum est à 7,1 et, comme pour les autres substrats oxydés par la laccase, la courbe d'activité en fonction de l'acidité du milieu, en forme de cloche, met en évidence une très grande sensibilité aux variations de pH, puisqu'à 6,8 ou à 6,3 cette activité est déjà

([4]) Didier Bertrand, *Ann. Inst. Pasteur* (sous presse).
([5]) *Proc. Roy. Soc.*, B. **122**, 1937, p. 298.
([6]) Didier Bertrand, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **26**, 1944, p. 40.

diminuée de moitié par rapport à l'activité maximum [7]. Le Q_0 pour le cytochrome, à pH 7,1, ne représente guère que 7 % du même Q_{0_2} pour l'hydroquinone seul au pH optimum 6,35, si bien qu'à pH 7,3 où ont opéré Keilin et Hartree la laccase la plus active actuellement préparée n'a qu'un Q_{0_2} d'environ 2700 par mg/sec; ce qui est encore bien supérieur au Q_{0_2} de la cytochrome-oxydase, considérée pourtant comme très active, de ces derniers auteurs, lequel ne dépasse pas 250 par mg/sec.

La séance est levée à 16h15m.

L. B.

---

[7] Cette extraordinaire sensibilité de la laccase à la réaction du milieu avait déjà été observée et étudiée par Gabriel Bertrand, à une époque où la notion de pH n'existait pas, à l'aide d'acides classés d'après la chaleur de réaction dégagée lors de leur neutralisation (*Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 1, 1907, p. 1120).

ERRATA.

—

(Séance du 13 novembre 1946.)

Note de M. *Panos Grammaticakis*, Remarques sur la réactivité du groupe azométhinique vis-à-vis des organomagnésiens mixtes :

Page 805, ligne 36, *au lieu de* dibenzile, *lire* benzile.

(Séance du 27 novembre 1946.)

Page 874, ligne 4, *au lieu de : Yale-University* 20 octobre, *lire* 25 octobre.

FIN DU TOME DEUX-CENT-VINGT-TROISIÈME.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,
Quai des Grands-Augustins, 55.
124100-46

Dépôt légal d'éditeur, 1946, n° 64. — Dépôt légal d'imprimeur, 1946, n° 144.

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE **1946**.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 223.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

Y

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

F

H

N

O

P

S

U

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

S

T

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
132597-49 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.